

VŠB – Technická universita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

**Konstrukční návrh odprášení dopadové
stolice na úpravně uhlí**

**Construktion Design of Impakt Mill De-
dusting in Coal Preparation Plant**

Student:

Říha Roman

Vedoucí bakalářské práce:

prof.ing.Horst Gondek,DrSc.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Roman Říha**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 10 Stroje pro těžbu a zpracování užitkových surovin
Téma: **Konstrukční návrh odprášení dopadové stolice na úpravně uhlí**
Construction Design of Impact Mill Dedusting in Coal Preparation Plant

Zásady pro vypracování:

- 1) Proveďte rešerši zařízení pro snižování prašnosti v úpravnách uhlí.
- 2) Proveďte konstrukční návrh úpravy dopadové stolice, aby se snížila prašnost okolí.
- 3) Proveďte základní výpočet výkonu odsávání.
- 4) Proveďte detailní výkres uchycení těsnícího pásu na základní konstrukci.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 48 s.
Gondek, H., Ševčík, A.: *Stroje pro těžbu a zpracování užitkových surovin I*, Vydala: VŠB – TU Ostrava, Ostrava 2006, ISBN 80- 248- 1040 - 9
BOLEK, A. – KOCHMAN, J. et.al.: *Části strojů* – 1. svazek. 5. vydání Praha. SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1989, 775 s. ISBN 80-03-00048-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



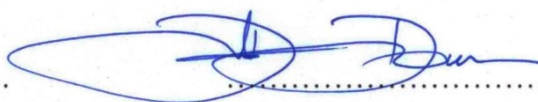
prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

21.5.2012

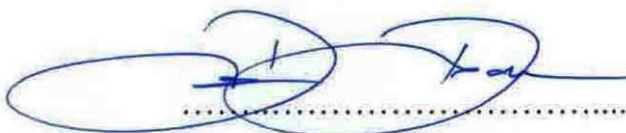


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická universita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst.3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO ,v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 ods.4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č.111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledky její obhajoby.

V Ostravě: 21.5.2012



Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Roman Říha

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Na Podlesí 1446
Kadaň , 432 01

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŘÍHA,R. Konstrukční návrh odprašení dopadové stolice na úpravně uhlí: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická universita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2012, XX s. Vedoucí:prof. Ing. Gondek,H. DrSc.

Bakalářská práce se zabývá návrhem řešení na snížení prašnosti ve spodní části přesypu mezi pásovými dopravníky na úpravně uhlí. V úvodu práce je popsána charakteristika a vznik prašnosti při procesech zpracování hnědého uhlí a její negativní vliv na bezpečnost provozů v uhelném hornictví. Dále je zhodnocen současný stav zařízení pro snižování prašnosti v úpravnách uhlí. Následuje konstrukční návrh místa dopadu ve spodní části přesypu a základní teoretický výpočet výkonu odsávání pro odprašovací zařízení na odsávání prachu z přesypu. V příloze je zpracován detailní výkres uchycení podélného těsnícího pásu na základní konstrukci přesypu.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ŘÍHA,R. Construction Design of Impact Mill Dedusting in Coal Preparation Plant: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2012, XX p. Supervisor: prof. Ing. Gondek,H. DrSc.

This thesis describes the design of solutions to reduce dustiness at the bottom of the transfer point between belt conveyors for coal preparation plant. The introduction of the thesis describes the characteristics and processes of formation dustiness at processing brown coal and its negative impact on operational safety in coal mining. Then there is the current status of the device for reducing dustiness in coal preparation plants evaluated. The design of sealing the impact site at the bottom of the transfer point follows and basic theoretical performance calculations of the output exhaust for dust suction plant from the transfer point. Attached is detailed drawing of the processing mounting longitudinal sealing strip on the basic construction of the transfer point.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
1 Úvod	10
2 Základní pojmy hořlavých a výbušných prachů	11
2.1 Rozdělení zdrojů prašnosti.....	12
2.2 Charakteristické vlastnosti hnědého uhlí.....	13
2.3 Charakteristické vlastnosti uhelného prachu.....	14
3 Zdroje prašnosti na úpravně uhlí.....	15
3.1 Zauhlování zásobníků	15
3.2 Vyuhlování zásobníků	16
3.3 Přesypy	17
4 Nebezpečí vyplývající z prašnosti.....	17
4.1 Požární nebezpečí.....	17
4.2 Nebezpečí výbuchu.....	19
4.3 Hygiena práce.....	19
5 Odstraňování sedimentujícího prachu.....	20
5.1 Úklid suchou cestou.....	21
5.2 Úklid mokrou cestou	21
6 Metody snižování primární prašnosti	22
6.1 Zkrápění vodní mlhou	22
6.2 Zkrápění vodní párou.....	30
6.3 Odprášení intenzivním odsáváním.....	32
6.4 Konstrukční řešení primárních zdrojů, pro snížení prašnosti	36
7 Konstrukční návrh úpravy dopadové stolice, aby se snížila prašnost v okolí.....	43
7.1 Přesyp	43
7.2 Návrh řešení spodní části přesypu.....	45
8 Základní výpočet odsávání.....	52
8.1 Vlastnosti materiálu ovlivňující přepravu	52

8.2 Výpočtové vztahy.....	53
9 Závěr	61
Seznam použitých zdrojů	62
Seznam obrázků	65
Seznam tabulek	66
Seznam příloh.....	66

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Název	Jednotka
D	průměr potrubí	[m]
F_v	vztlaková síla	[N]
G	tíhová síla	[N]
H	výška zvedání materiálu	[m]
L	délka trasy potrubí	[m]
Q_v	objemový průtok vzduchu	[m ³ .s ⁻¹]
Q_{mv}	hmotnostní průtok vzduchu	[kg.s ⁻¹]
Q_{mp}	hmotnostní průtok materiálu	[kg.s ⁻¹]
S	plocha průřezu potrubí	[m ²]
S_v	plocha vzduchu suspenze v potrubí	[m ²]
V_p	objem materiálu	[m ³]
V_s	objem suspenze	[m ³]
V_v	objem vzduchu	[m ³]
ΔP	tlaková ztráta	[kPa]
b	šířka zrna	[m]
c_v	objemová koncentrace	[-]
c_o	součinitel zrnitosti	[-]
g	tíhové zrychlení	[m.s ⁻²]
k	koefficient čelního odporu	[-]
l	délka zrna	[m]
m	hmotnost částice materiálu	[kg]
Δp	tlaková ztráta při proudění ve vodorovném potrubí	[kPa]
Δp_d	dynamická tlaková ztráta	[kPa]

Značka	Název	Jednotka
Δp_m	tlaková ztráta v plnicím zařízení	[kPa]
Δp_n	tlaková ztráta zvedáním materiálu	[kPa]
Δp_o	tlaková ztráta při proudění čistého vzduchu	[kPa]
s	skluz	[m.s ⁻¹]
v_v	rychlost dopravního vzduchu	[m.s ⁻¹]
v_p	rychlost dopravovaného materiálu	[m.s ⁻¹]
v_{vz}	rychlost vznosu	[m.s ⁻¹]
q_p	hmotnost materiálu na jednotku délky potrubí	[kg.m ⁻¹]
q_v	hmotnost vzduchu na jednotku délky potrubí	[kg.m ⁻¹]
q_{p0}	hmotnost materiálu na jednotku objemu potrubí	[kg.m ⁻³]
q_{v0}	hmotnost vzduchu na jednotku objemu potrubí	[kg.m ⁻³]
σ	relativní skluz	[-]
μ	hmotnostní směšovací poměr	[-]
ρ_v	měrná hmotnost vzduchu	[kg.m ⁻³]
κ_p	hmotnostní koncentrace	[-]
κ_o	objemová koncentrace materiálu na jednotku objemu potrubí	[-]
ζ	konstanta vybraného materiálu	[-]
β	konstanta zrnitosti materiálu	[-]
φ_v	poměr pracovní rychlosti vzduchu a rychlosti vznosu	[-]
π	ludolfovo číslo	[-]

1 Úvod

Báňské provozy těžící a zpracovávající hnědé uhlí spadají pod vrchní dozor státní báňské správy a platí pro ně vyhláška ČBU č. 51/1989., *o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při úpravě a zušlechťování nerostů* [1]. Už ze samotné podstaty existence této vyhlášky vyplývá povinnost provozovatele společnosti na těžbu a zpracování uhlí zabývat se problematikou prašnosti.

Prašnost se vyskytuje už od prvního rýpnutí velkostroje do uhelné sloje. Dále dochází k tvorbě prašných částic dopravou těženeho materiálu, kde na pásových dopravnících dochází k otěru mezi jednotlivými kusy těživa. K další zvýšené tvorbě prašných částic na těchto dopravních trasách dochází zejména na přesypových místech mezi jednotlivými pásovými dopravníky.

Nejvíce prašných částic vzniká při samotném procesu drcení uhlí na požadované parametry a to na kladivových drtičích. Na zubový rotorových drtičích je množství vzniklých prašných částic menší, přesto jejich množství není rozhodně zanedbatelné.

K dalšímu zvýšení prachových částic v těživu vedlo zařazení homogenizační skládky do technologického procesu zpracování uhlí. Zde se uhlí ukládá do hromad ve vrstvách a při tomto procesu padá volně z větších výšek. Další zvýšení množství prachu nastává při odběru homogenizovaného těživa. Do výčtu zbývá započítat dopravní trasy na skládku a ze skládky.

Dopraví-li se uhlí na úpravnu přes, v předchozím textu uvedené, technologické procesy a dopravní trasy se značným počtem přesypů, obsahuje už značné množství prachu které není zanedbatelné. Tvorba prachu pokračuje i na samotné úpravně při zakládání uhlí do manipulačních zásobníků, kam opět dopadá ze značných výšek, zvláště při jejich vyprázdňení. Dále při odběru těživa ze zásobníku rotačními propelerovými vyhrnovacími zařízeními. Protože prostory úpravny jsou uzavřené haly a budovy s velkým množstvím přesypů mezi dopravníky, je návrh na snížení prašnosti těchto dopravních uzlů cílem mé bakalářské práce.

Pro cíl mé bakalářské práce lze konstatovat, že prašná expozice, zejména výskyt v uzavřených prostorách, zvyšuje ohrožení z provozně-bezpečnostního, zdravotně-hygienického i požárního hlediska

2 Základní pojmy hořlavých a výbušných prachů

Úpravna uhlí je provoz s výskytem uhelného prachu, jako negativním vedlejším produktem při zpracování hlavního produktu – energetického uhlí. Pro vysvětlení pojmu prach a proč se jím zabývat uvádím základní dokumenty.

Podle § 152 vyhlášky ČBÚ č 22/1989 Sb., *o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při dobývání nevyhrazených nerostů v podzemí* [2], se za uhelný prach z hlediska ochrany dolů proti jeho výbuchu pokládá uhelný prach o velikosti zrna do 1 milimetru.

Prach je hmotná látka, která vzniká v průběhu těžby uhlí, jeho následné dopravy a při jeho zpracování. Prach přejímá vlastnosti svých matečných materiálů. Je charakterizován svým chemickým složením, procentuálním zastoupením hořlavých složek a svojí granulometrií, nebo-li stupněm svého rozmělnění.

Velikost zrn prachu, která se zjišťuje granulometrií, výrazně ovlivňuje poléťavé vlastnosti prachu a tím i jeho schopnost dostat se do vznosu a následně sedimentovat. Jemnost prachu zejména ovlivňuje jeho schopnost hoření, což je i bezpečnostní parametr.

Obecně platí, že čím více je v prachu zastoupeno množství jemných prachových zrn, tím je větší jeho schopnost hoření. Čím je větší schopnost hoření, tím je také zároveň větší náchylnost prachu k výbuchu. Menší zrna prachu lépe podléhají oxidačnímu procesu a lépe vytvářejí nebezpečné výbušné koncentrace v dané jednotce objemu.

Podle ČSN EN 1127-1 *Výbušná prostředí – Prevence a ochrana proti výbuchu – Část 1: Základní koncepce a metodika* [3], se prachy rozdělují dle kubické konstanty (K_{ST}) do tří tříd. Kubická konstanta je důležitým parametrem vyjadřující brizanci směsi (nárůst tlaku za jednotku času) nezávislé na objemu, ve kterém byla stanovena. Velikost hodnoty kubické konstanty je důležitý parametr i z hlediska požární bezpečnosti a pro určení opatření proti výbuchu v provozech. Prach hnědého uhlí je zařazen do třídy St 1 [4].

Prach je definovaný i ČSN EN 60079-10-2: *Výbušné atmosféry – Část 10-2: Určování nebezpečných prostorů – Výbušné atmosféry s hořlavým prachem* [5], prach: částice tuhé látky, jejichž alespoň dva rozměry jsou menší než 0,5 mm, které se usazují vlastní hmotností, avšak mohou zůstat rozvířeny po nějakou dobu v ovzduší.

2.1 Rozdělení zdrojů prašnosti

Podle místa vzniku zdrojů můžeme rozlišovat prašnost:

- a) Primární
- b) Sekundární
- c) Terciární

a) Primární prašnost – vzniká v prvotních zdrojích a za tyto zdroje můžeme považovat místa kde se těživo odděluje od sloje, padá volně z výšky, probíhá jeho drcení a nebo se už upravené drcením nakládá. V přesypech, kde dopravovaný materiál volně padá z výšky, při pádu dochází k jeho intenzivnímu rozmělnění vzájemným třením a narážením do sebe. V průběhu volného pádu se z rozvolněné vrstvy dopravovaného materiálu uvolňuje prach položený ve spodní a vnitřní vrstvě. Proud padajícího materiálu má na okolní ovzduší tzv. ejekční účinek a při následujícím dopadu na horní větev následujícího pásového dopravníku dochází naopak k jeho komprimaci. Při expanzi vzduchu je výsledkem tohoto děje uvolňování velkého množství prachu. Ten, protože prachové částice mají pádem dodanou značnou energii, se šíří do volných prostor.

b) Sekundární prašnost – vzniká přímo při dopravě na pásového dopravníku. Při dopravě těživa na pásového dopravníku dochází ke kontaktu mezi jednotlivými kusy těživa a tím k jeho odírání. Tímto jemným drcením mezi kusy dochází ke vzniku prachových částic, které jsou schopné dostat se do vznosu. Vzhledem k rozdílné velikosti zrn dochází ke gravitační separaci. Protože jemný prach má menší rychlost pádu, dochází ke změně polohy hrubého a jemného podílu ve vrstvě dopravovaného materiálu na dopravním pásu. Jemný prach se usazuje na povrch dopravovaného toku materiálu a odtud může být vlivem proudění vzduchu uveden do vznosu. Postupujícím transportem se postupně část jemného prachu v dopravovaném materiálu dostává do spodní části dopravovaného toku materiálu. Při průchodu každým dalším přesypem se celý proces opakuje.

c) Terciární prašnost – vzniká ve vratných stanicích pásových dopravníků. Může se projevit dvěma způsoby. První je stykem dopravního pásu s jemným prachem a při nedostatečné účinnosti stěračů dochází na vratném bubnu k jeho uvolnění do vznosu. Druhý způsob projevu je, že se z nedostatečně utěsněného přesypu jemný prach dostane na vnitřní větev pásového dopravníku. Ve vratném bubnu se v místě jeho styku s gumovým pásmem shromažďuje, přemílá a dostává se do vznosu. V porovnání s přesypem se ale jedná o prašnost méně významného charakteru.

2.2 Charakteristické vlastnosti hnědého uhlí

Hnědé uhlí je hořlavá tuhá látka, hnědé až hnědočervené barvy. Obsahuje 55% až 75 % uhlíku, dehtovité látky a v porovnání s černým uhlím má vyšší obsah vázané vody. Uhlí ze Severočeských dolů, Doly Nástup Tušimice, lokalita Libouš obsahuje 23 % vázané vody.

Hnědé uhlí má ze všech druhů uhlí největší náchylnost k tepelnému samovznícení. Rovněž má sklon k chemickému samovznícení.

Riziko procesu vzniku samovznícení ovlivňují tyto faktory:

- Druh uhlí a jeho chemické složení, zejména obsah pyritu FeS_2
- Vlhkost samotného uhlí, ale i vlhkost vzduchu a jeho teplota
- Kusovitost, protože se snižováním velikosti částic uhlí roste nebezpečí ze samovznícení
- Způsob uskladnění a odvětrávání skladovacích prostor

Základní požárně technické parametry hnědého uhlí na SD, a.s., Doly nástup Tušimice
Protokol vyhotovený VVUÚ, Ostrava – Radvanice [4]

Tabulka č. 1 Hnědé uhlí na SD, a.s., DNT [4]

Hustota	900 – 1500 kg.m⁻³
Teplota samovznícení	50 – 60°C
Teplota žhnutí	150 – 250°C
Teplota vznícení	410°C
Výhřevnost	12500 – 25000 kJ.kg⁻¹

2.3 Charakteristické vlastnosti uhelného prachu

Složení uhelného prachu

Vzhledem k vlastnostem sedimentované vrstvy prachu demonstrují složení na vzorku separovaném odsátím. Toto složení pochází z akreditované zkušební laboratoře VVUÚ a.s., Ostrava – Radvanice [4]. Při přípravě vzorku pro stanovenou zrnitost síťovým rozbořením se postupuje následujícím způsobem:

- Sušení v sušárně při teplotě 40°C
- Separace vzorku přes síto 1,0 mm na frakci menší než 1,0 mm (menší než 1,0 mm - 97 %, větší než 1,0 mm - 2,7 %)

Tabulka č. 2 Složení hnědouhelného prachu na SD, a.s., DNT [4]

HNĚDOUHELNÝ PRACH	
Látka	Prach
Obsah vody	1,0 %
Obsah popele	36,4 %
Obsah prchavé hořlaviny	33,8 %
Obsah fixního uhlíku	28,8 %
Obsah uhlíku	41,9 %
Obsah vodíku	3,44 %
Obsah dusíku	0,97 %
Obsah síry	3,11 %
Střední velikost zrna	menší než 0,040 mm
Výhřevnost	16,03 MJ.kg⁻¹

Požárně - technická charakteristika uhelného prachu

Jednotlivé požárně - technické charakteristiky jsou technicko – bezpečnostní parametry, které uživatel potřebuje znát z hlediska probíhajícího technologického procesu. Např. hodnoty vznícení, vzplanutí, eventuelně výbušnosti a s tím souvisejících rizik právě pro používání technologických zařízení při dopravě i úpravě uhlí. Tyto hodnoty musí uživatel znát i pro navrhovaná protiprašná opatření, např. jakých hodnot koncentrace dosáhnout po provedení opatření aby koncentrace polétavého prachu v přesypu byly pod hranicí, kdy je směs výbušná. V tabulce č.3 je proveden základní přehled požárně technických charakte-

ristik (PTCH) ze stejného vzorku, jehož složení je i v tabulce č.2. Toto složení pochází z akreditované zkušební laboratoře VVUÚ a.s., Ostrava – Radvanice [4].

Tabulka č. 3 PTCH hnědouhelného prachu na SD, a.s., DNT [4]

HNĚDOUHELNÝ PRACH	
Látka	Prach
Teplota vznícení usazeného prachu	475°C
Teplota žhnutí usazeného prachu	143°C
Teplota vzplanutí usazeného prachu	365°C
Teplota vznícení rozvířeného prachu	447°C
Rychlost šíření hoření ve vrstvě usazeného prachu v kyslíku	24,8 mm.s⁻¹
Třída výbušnosti	St1
Limitní obsah kyslíku	12 obj. % O₂
Konstanta dle ČSN EN 14034-2, K_{ST}	11,4 MPa.m.s⁻¹
Maximální rychlost nárůstu tlaku	41,9 MPa.s⁻¹
Maximální výbuchový tlak	0,68 MPa

3 Zdroje prašnosti na úpravně uhlí

Vzhledem k množství dopravních cest, rozlehlosti a prováděným technologickým operacím na úpravně uhlí, můžeme primární zdroje konkretizovat, popsat a rozdělit do tří skupin. Tyto tři skupiny jsou zdroje v budovách nebo halách, tedy v uzavřených prostorech.

3.1 Zauhlování zásobníků

Zásobníky uhlí jsou značným zdrojem prašnosti. Uhlí je do nich ukládáno reverzačními pojezdovými pásovými dopravníky, umístěnými nad vlastními zásobníky. Největší pá-

dová výška může být při zcela prázdném zásobníku 14 metrů. Z bezpečnostních a hygienických důvodů se rozdělovací šterbinové zásobníky ale zásadně úplně nevyprazdňují a tak provozní pádová výška uhlí se pohybuje od 10 metrů do 3 metrů. V tomto rozmezí pádových výšek dochází při plnění zásobníků ke značnému víření uhelného prachu, který se dostává do vznosu a sedimentuje vně zásobníku v širokém okolí na konstrukcích a na zařízeních úpravny. Množství uvedené do vznosu závisí právě na hladině zásoby uhlí v zásobníku. Tato hladina je neustále proměnlivá, neboť provozní princip zásobníku spočívá v jeho soustavném doplňování a odebírání obsahu.

3.2 Vyuhlování zásobníků

Vyprazdňování zásobníku může probíhat za účelem odběru uhlí pro další dopravní trasy, které vedou od zásobníku. A také to může být vyprazdňování finální, kdy se např. uhlí sype už do vagonů pro odběratele (mění se druh dopravy).

1) Vyhrabovací vozy

Jednostranný vyhrabovací vůz odebírá uhlí ze šterbiny zásobníku lopatami propeleru vyhrabováním materiálu ležícího na výběhovém stole šterbinového zásobníku až na její hranu. Zde odpadá vyhrabaný materiál výsypkou zabudovanou v rámu vyhrabovacího vozu na pásový dopravník následující dopravní trasy. Už při odběru ze šterbiny a při hnutí po výběhovém stole dochází ke zvýšenému tření a oděru mezi jednotlivými kusy těživa, kdy se tvoří další prachové částice. Následuje volný pád těživa z hrany výběhového stolu na pásový dopravník a proces drcení a odírání se opakuje. Zde se ještě přidává proces uvolňování prachu do vznosu pádem materiálu na pásový dopravník.

2) Vibrační vynašeče

K dopravě uhlí ze zásobníků do vagonů železniční dopravy se používají vibrační podavače s mechanickými budiči kmitů nebo elektromagnetickými budiči kmitů. Tím že podavače posouvají uhlí kmitavým pohybem žlabu dochází k vzájemnému tření kusů těživa a vzniku prachových částic. Uhlí ze žlabu podavače, který mu udělí počáteční rychlost, padá do vagonu volným pádem, kde se z rozvolněné vrstvy materiálu uvolňuje prach a ejekčním účinkem proudu padajícího materiálu na okolní ovzduší se dostává velké množství prachu do vznosu. Na tento děj má opět vliv pádová výška, ovlivněná hladinou uhlí v plnicím se

vagónu. Po započetí sypání do prázdného vagónu není ani kolikrát vidět zvedající se hladina uhlí ve vagónu.

3.3 Přesypy

Zdrojem prašnosti na úpravně jsou zejména přesypy. Na dopravních trasách je jich značné množství a na každém z nich dochází k procesu drcení, kdy dopravovaný materiál volně padá z výšky. Respektive v průběhu volného pádu se z rozvolněné vrstvy těživa uvolňuje prach uložený ve vnitřní vrstvě. Tok padajícího materiálu má tzv. ejekční účinek na okolní ovzduší a při následném dopadu na nosnou větev následujícího pásového dopravníku dochází naopak k jeho komprimaci. Ve výsledku tohoto procesu je uvolněné velké množství prachových částic při expanzi vzduchu. Částice prachu mají značnou energii, která je příčinou šíření prachu do okolí. Největší úniky prachových částic jsou ze spodní části přesypu kapotáží na výjezdu uhlí z přesypu a mezi bočním podélným těsněním na dopadových válečkových stolicích a těsně za nimi, kdy už není rozteč mezi nimi stažená na polovinu rozteče traťových stolic, ale toto místo je ještě pod kapotáží přesypu.

4 Nebezpečí vyplývající z prašnosti

4.1 Požární nebezpečí

Prach je látka, která sama o sobě není představitelem možného rizika, ale nebezpečí vzniká pouze při jejím styku nebo ve směsi se vzduchem. Proto se u něj stanovují vlastnosti směsi hořlavé látky se vzduchem. Tyto charakteristiky uvádějí informace o chování látky při hoření a určují, zda může vznikat hoření nebo výbuchy.

Stupeň rozmělnění (granulometrie) pevné látky má podstatný vliv na požární nebezpečí látky. Snižuje teplotu vznícení, a tak může nastat případ, kdy látka v kompaktním stavu za normálních podmínek nehořlavá, hoří velice dobře ve formě prachu. V případě rozvíření může i vybuchovat.

Ve formě prachu hoří téměř všechny látky s výjimkou čistě anorganických látek, jako jsou dolomit, vápenec a některé oxidy a soli kovů. Uhlí je hořlavé už jako kompaktní surovina a vznik prachových částic z něj je nežádoucí při technologických procesech, protože tyto vlastnosti se se stupněm rozmělnění ještě znásobí.

Uhelný prach v provozech úpravny sedimentuje a je všudypřítomný. Že z jeho složení a požárně technických charakteristik (kap.2.3 – charakteristické vlastnosti uhelného prachu) vyplývá požární nebezpečí v těchto provozech, je neoddiskutovatelné. Hnědouhelné třídírny a drtírny jsou zařazeny jako objekty s nebezpečím požáru. Nebezpečí vzniku požáru tkví zejména ve výskytu uhelného prachu. Toto přináší velké nebezpečí v případě údržbářských prací za použití otevřeného ohně. Další nebezpečí představuje zapažené uhlí v zásobnících, tření válečků pásových dopravníků, vadná elektroinstalace, závady na strojním zařízení, používání otevřeného ohně a v neposlední řadě porušování zákazu kouření.

Musí se stanovit požárně bezpečnostní opatření dle požadavků zákona ČNR č. 133/1985 Sb., *o požární ochraně* [6] a dále jeho prováděcí vyhlášky MV č. 246/2001 Sb., *o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)* [7], která ukládá ověření požárně technických charakteristik používaných látek.

Dokumentací požární ochrany se stanovují podmínky požární bezpečnosti provozovaných činností a prokazuje se plnění některých povinností stanovených předpisy o požární ochraně. U činností se zvýšeným požárním nebezpečím (spadají sem i drtírny a třídírny) je základním výchozím materiálem tzv. určení podmínek požární bezpečnosti při činnostech se zvýšeným požárním nebezpečím. V podstatě se jedná o analýzu požárního nebezpečí těchto činností. V místech, ke kterým byly přiřazeny charakteristiky podle výše uvedeného, se ve vztahu k provozovaným činnostem se zvýšeným požárním nebezpečím prokazatelně vyhodnotí. A to vyskytující se možné zdroje zapálení, požárně technické charakteristiky, popřípadě technicko bezpečnostní parametry, vyskytující se látek, potřebné ke stanovení preventivních opatření k ochraně života a zdraví osob a majetku.

Hořlavý uhelný prach může být vznícen:

- elektrickou jiskrou nebo obloukem,
- mechanickou jiskrou,
- otevřeným ohněm (svářecí práce),
- vysokou teplotou strojů a zařízení,
- třením s cizími předměty,
- elektrickým zkratem,
- elektrickým přechodovým odporem,

- chemickou reakcí,
- samovzněcovacím procesem,
- elektrostatickým výbojem

4.2 Nebezpečí výbuchu

Nebezpečí výbuchu hořlavých prachů (prachů hořlavých pevných látek) [8] vzniká zejména při rozvíření prachu během průmyslového zpracování, přemísťování, skladování a dále při rozvíření již usazených vrstev prachu při provozu strojů a zařízení, kdy může být v daném objemu vytvořena výbušná směs. Rozvíření prachů nastává zejména v zásobnících a v místech přesypů. Usazený prach sedimentuje i na vodorovných plochách říms, překladů, kapotáží přesypů i na střeších kabin obsluh uvnitř budov a hal drtíren a třídíren. Při otřesu nebo průvanu může dojít k pádu nahromaděného prachu a k jeho rozvíření.

Vrstvy, usazeniny a hromady hořlavého prachu musí být vždy považovány za zdroj, který může vytvářet výbušnou atmosféru. Usazený hořlavý prach má významný potenciál z hlediska výbuchu. V uzavřeném technickém prostoru se může prach usazovat a hromadit na všech plochách. Prvotní výbuch může způsobit rozvíření usazeného prachu a způsobit řetězovou reakci, která způsobí více dalších následujících výbuchů se zničujícími účinky.

Usazený prach má rovněž izolační vlastnosti a ta ve větší vrstvě brání vyzařování tepla do okolí. Čím silnější je vrstva prachu, tím je rozptyl tepla menší. To může vést ke vznícení vrstvy prachu např. na elektrických motorech. Vrstvy prachu mohou způsobit žhnutí nebo doutnání dokonce i při nízké koncentraci kyslíku nebo paliva, dostatečně nízko pod koncentrací, která je odpovídající pro zjištění spolehlivého vyloučení výbuchu.

Opatření na ochranu proti výbuchu jsou součástí vyhlášky ČBU č. 51/1989 Sb., *o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při úpravě a zušlechťování nerostů - část šestá, díl druhý, § 110 až § 114* [1].

4.3 Hygiena práce

Z důvodu vysoké rizikovosti prachu je potřeba přijímat na pracovištích přísná preventivní opatření. Tato preventivní opatření lze rozčlenit na opatření:

- technická,

- organizační,
- náhradní

Technická opatření – jsou v rámci snahy o snížení expozice prachu rozhodující. Jedná se o úpravy nebo změny technologií jako např. uzavření zdrojů prašnosti zakapotováním, instalace zkrápění vodou, ředění prašnosti větráním nebo instalace odsávání primárních zdrojů prašnosti (zásobníky, přesypy). Snaha o oddělení osob od prašného prostředí montáží kvalitních, dobře utěsněných, kabin obsluh s klimatizačními a filtračními jednotkami vzduchu.

Organizační opatření - jsou taková opatření, která se snaží omezují pobyt samotných zaměstnanců v prostředí se zvýšenou expozicí prachu. Lze sem zahrnout opatření k dodržování určeného způsobu či režimu práce nebo opatření zabráňující víření usazeného prachu při jeho úklidu. Čili omezení sekundární prašnosti.

Náhradní opatření – nebo-li doplňková opatření. Tato opatření jsou volena v případě, že i po přijetí technických a organizačních opatření zaměstnanec nadále zůstává vystaven zvýšené expozici prachu. Zaměstnancům jsou poskytovány osobní ochranné pracovní pomůcky (OOPP), nad rámec základních, jako například respirátory k ochraně dýchacích cest. Dále zaměstnanci dostávají ochranné nápoje a jsou povinni se podrobovat pravidelným lékařským prohlídkám, jejich četnost se určuje podle toho na jaké pracovišti, s jak intenzivní expozicí prachu, jsou přiděleni. V určených časových intervalech pracovníci před preventivní prohlídkou u závodního lékaře absolvují předepsaná odborná vyšetření (spirometrie aj.).

Konkrétní podmínky ochrany zaměstnanců při práci jsou stanoveny nařízením vlády (dále jen NV) č. 361/2007 Sb., *které stanoví podmínky ochrany zdraví při práci* [9] a vyhláškou Ministerstva zdravotnictví České republiky (dále jen MZ) č. 432/2003 Sb., *kterou se stanoví podmínky pro zařazení prací do kategorie...* [10] V příloze č. 3 NV 361/2007 Sb., jsou v tabulce č.3 stanoveny přípustné expoziční limity pro prachy s převážně nespecifikovaným účinkem.

5 Odstraňování sedimentujícího prachu

Výška sedimentovaných vrstev prachu a jeho koncentrační množství, které vzniká uvedením sedimentovaného prachu do vzduchu je sledováno a limitováno legislativou báňskou, bezpečnostní, požární a legislativou z oblasti týkající se provozování elektrických

zařízení. Spad prachu udává míru znečištění prostředí hrubšími částicemi a výsledky z jeho měření jsou využívány pro různé účely, jako je např. stanovení harmonogramu četnosti úklidu vrstev prachu. V praxi jsou v báňských provozech sledovány hodnoty časových intervalů, které představují dobu, za kterou nasedimentuje takové množství prachu, které by po uvedení do vznosu mohlo vytvořit výbušnou koncentraci. Hodnoty časových intervalů jsou v provozech využívány jako podkladové k vypracování časových harmonogramů úklidu v takové četnosti, aby nemohlo dojít k sedimentaci kritického množství prachu.

Harmonogram četnosti úklidu usazených vrstev prachu, který je specificky stanoven pro jednotlivé provozy na základě měření a vyhodnocení stavu prašnosti, umožňuje efektivně používat daný systém likvidace prachu, včetně optimálního využívání obsluhy. V rámci provozování uhelné technologie představuje úklid sedimentovaného prachu finální zabezpečení provozu. Způsoby odstraňování uhelného prachu jsou v podstatě dva. A to je úklid suchou cestou a úklid mokrou cestou.

5.1 Úklid suchou cestou

V případě použití suché cesty je potřeba eliminovat a nejlépe zcela vyloučit zametání. U toho dochází ke značnému rozvíření prachu, který po zametení opět, i když v menší míře, sedimentuje (sekundární prašnost). Dobrých výsledků je dosahováno pomocí vysavačů, ať už centrálních nebo mobilních. Mobilní vysavače mají ale slabinu v podobě vysypávání jejich sběrných nádob, kdy dochází při vysypávání na dopravník u části prachu k opětovnému vznosu. Tento nedostatek lze řešit napojením na sběrnou nádobu mimo vysavač a její výpustné zařízení zaústit přímo do kapotáže pásového dopravníku, aby se eliminoval únik prachu do prostoru při jejím vysypávání. Pro vysávání hořlavého prachu musí být použity vysavače bez iniciačních zdrojů, tedy vysavače v protiexplozivním provedení.

5.2 Úklid mokrou cestou

Při použití tzv. mokré cesty k úklidu uhelného prachu je používán tlakový rozvod vody, kterým se jednotlivá podlaží pomocí hadic s proudnicemi smývají. Efektivita tohoto způsobu zneškodňování prachu je poměrně vysoká a nezpůsobuje sekundární prašnost. Výhodou je, že nějakou dobu po umytí pracoviště jsou plochy mokré a sedimentující prach se smáčí. Pro obsluhy je tato metoda rychlejší a méně pracná.

Tato metoda má také své nedostatky. Značnou nevýhodou je skutečnost, že elektrická zařízení a vybavení pracoviště musí být provedena v patřičném el. krytí, vyhovujícím minimálně odstříkující vodě. Dalším negativem je vliv vody jak na zdivo a ocelové konstrukce budov, tak na ocelové konstrukce vlastního technologického zařízení úpravy, kde způsobuje značnou korozi. Mezi další nevýhodu patří dostatečné dimenzování odtokových žlabů a kanalizace, včetně udržování jejich průchodnosti čištěním. Kaly se musí shromažďovat v centrální jímce, odkud se čerpají do odkališť a ta se po naplnění musí odvodnit a kaly zlikvidovat vyvezením.

6 Metody snižování primární prašnosti

6.1 Zkrápění vodní mlhou

Principem eliminace polétavého prachu vodním postřikem je kvalitní zvlhčení (smočení) prachových zrn. Při dodržení tohoto principu pak dochází ke změně fyzikálních vlastností prachu, tj. k výraznému zvýšení hmotnosti prachových zrn. V důsledku zvýšení hmotnosti prachová zrna ztrácí své polétavé vlastnosti.

V přesypech dosahují koncentrace prachu vysokých hodnot a je to rizikové místo z požárního a explozivního hlediska. Z přesypu uniká zvířený a neuklidněný prach zase do okolí. Prvotním cíl realizace zkrápění vodní mlhou je protiexplozivní hledisko. Následuje požární, bezpečnostní, zdravotní a v neposlední řadě i ekologické hledisko.

Jedná se o tzv. preventivní opatření, jehož účelem je zamezit, respektive minimalizovat únik prachových částic na dopravních trasách pásové dopravy. Zkrápění vodní mlhou se může použít na potlačení primární i sekundární prašnosti.

Primární prašnost – je nejprvotnější původce nejvyšší prašnosti (kap. 2.1). Nejčastěji se zkrápí přesypy. První rampa s tryskami se umísťuje do horní části přesypu (Obrázek 1), aby vodní clona zachytila prach, který unáší proud vzduchu vytvářející se pádem toku materiálu na nosnou větev následného dopravníku a jež má opačný směr než tok těživa. Tedy směr zpět nahoru k poháněcímu bubnu. Část množství prachu ale s sebou strhává tok materiálu z rozvířeného prachu ve spodní části přesypu a na výjezdu uhlí z přesypu se část šíří do okolí a část dosedne zpět na povrch dopravovaného materiálu. Proto je vhodné umístit ještě jednu rampu do spodní části přesypu před ukončení kapotáže výjezdu spodní části

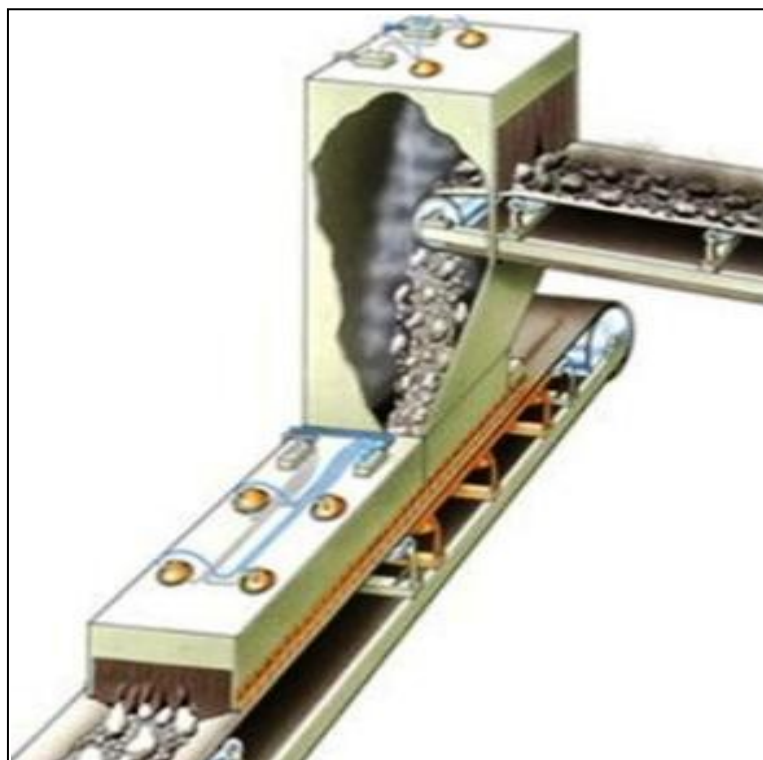
přesypu (Obrázek 2). Celkové schéma eliminace primární prašnosti horní i dolní části přesypu je znázorněno na (Obrázek 3).



Obrázek 1. Zkrápění - horní část přesypu [19]



Obrázek 2. Zkrápění - spodní část přesypu [19]



Obrázek 3. Schéma zkrápění primární prašnosti v přesypu [20]

Rampy se montují i na starší technologie, kde nelze zajistit zakapotování (uzavření prostoru přesypu) v horní části okolo poháněcího bubnu. Umísťují se nad volný přesyp a proud vodní mlhy se směřuje do oblasti největšího zpětného proudu vzduchu s prachem

Někdy v případech starších zařízení a snaze je modernizovat, nebo aplikovat vodní zkrápění není prostě ve spodní části přesypu pro konstrukční začlenění rampy dostatek místa. Tento stav může nastat z několika důvodů a to např. malá délka přesypu, kterou nelze prodloužit, protože je tam překlad nebo jiný konstrukční celek apod., a úprava by byla moc nákladná. Potom se od montáže rampy do spodní části přesypu upouští.

Sekundární prašnost – je důsledkem primární prašnosti. Pokud se nemontuje rampa do spodní části přesypu z důvodu uvedeném v předchozím odstavci, lze rampu namontovat za výjezd z přesypu a zkrápět prach, který uniká z přesypu s proudem materiálu a zároveň zvlhčovat horní vrstvu materiálu na pase (Obrázek 4). Tím se zároveň eliminuje projevení sekundární prašnosti a částice prachu, zvlhčené na vrchní vrstvě materiálu se nedostanou do vznosu.



Obrázek 4. Zkrápění na výjezdu z přesypu [19]

Pro dosažení vysoké účinnosti eliminace polévatvého prachu vodním postřikem je nutné zajisti tyto podmínky:

- znát požárně technickou charakteristiku prachových částic a jejich složení, včetně koncentrací v místech primární prašnosti a v prostorech okolo zdrojů,
- uzavřít prostor vzniku prašnosti, který uvažujeme řešit vodním postřikem, pokud to dovolují konstrukční řešení uzlu,
- při projektování systému postřiku vzít v úvahu technologické požadavky provozu,
- zaručit pokrytí celého aktivního prostoru odpovídající clonou postřikové mlhy,
- vhodně zvolit umístění ramp, počet trysek na rampě, vhodnou polohu trysek vzhledem ke zdroji prašnosti a vhodný typ trysek
- s ohledem na funkčnost a bezporuchovost provozu postřikových trysek zajistit vhodný a dostatečný zdroj vody potřebné kvality a čistoty, eventuelně zvolit vhodnou filtraci,
- vyhodnotit, zda použít nízkotlaký systém zkrápění nebo vysokotlaký systém zkrápění,

- vyhodnotit vhodnost přidávání smáčedla do vody, pro snížení povrchového napětí vody a tím zlepšení smáčení prachových částic uhlí.
- vyřešit problematiku zimního provozu,

1) Nízkotlaký systém

Za nízkotlaké systémy zkrápění se považují zařízení s výstupním tlakem do 0,6 MPa.

Nevýhody nízkotlakého systému:

- nízkotlaké systémy mají vyšší spotřebu vody pro svoji funkci, než systémy vysokotlaké,
- při jejich nižším pracovním tlaku nedokážou zmenšit kapku vody natolik, aby byla menší než velikost prachového zrna a tím ztrácejí na účinnosti,
- do vody se musí dávkovat smáčedlo (na bázi tenzidů) aby se snížilo povrchové napětí kapénky, a voda se rozprášila na menší kapičky, to se děje z důvodu malé kinetické energie vodní mlhy.
- ekologická zátěž z důvodu přidávání smáčedla,
- větší množství vody na zkrápění může ovlivnit kvalitativní parametry dopravovaného materiálu,
- při nezaplněném dopravním pásu voda smáčí pryžové pásmo, sráží na něj prach a ten se v podobě kalu hromadí pod spodní větví pásového dopravníku v oblasti mimo účinný záběr stěračů,
- v důsledku děje uvedeného v předchozím bodě vznikají vyšší nároky na čištění obsluhou,
- postřiky v průběhu provozu většinou jeví známky nesourodosti vodní clony, což je způsobeno nestandardním rozprášením vodních kuželů jednotlivých trysek z důvodu častého zanášení,
- provoz v zimním období v nevytápěných prostorách

Výhody nízkotlakého systému:

- menší náklady na tlakovou čerpací jednotku a na tlakové vedení z důvodu nižšího tlaku, než jsou na vysokotlaké zařízení,

- provoz zkrápění lze zcela automatizovat,
- nenáročné na prostor pro montáž,

2) Vysokotlaký systém

Vysokotlaké systémy pracují s tlakem až 2,0 MPa.

Nevýhody vysokotlakého systému:

- vysoké tlaky a tím vyplývající vyšší nároky na technické zařízení,
- vyšší náklady na zařízení,

Výhody vysokotlakého systému:

- nemusí se do vody přidávat smáčedlo, snižuje se ekologická zátěž prostředí,
- vysoká automatizace celého procesu provozu,
- menší množství vody na ne zcela zaplněném pásovém dopravníku,
- neznehodnocování kvalitativních parametrů materiálu na páse nadměrným množstvím vody,
- menší spotřeba vody na jednu trysku (zhruba $0,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$),
- velká kinetická energie mlhoviny zmenšuje tvořenou kapku a zároveň urychluje spojení kapének s částicemi prachu.

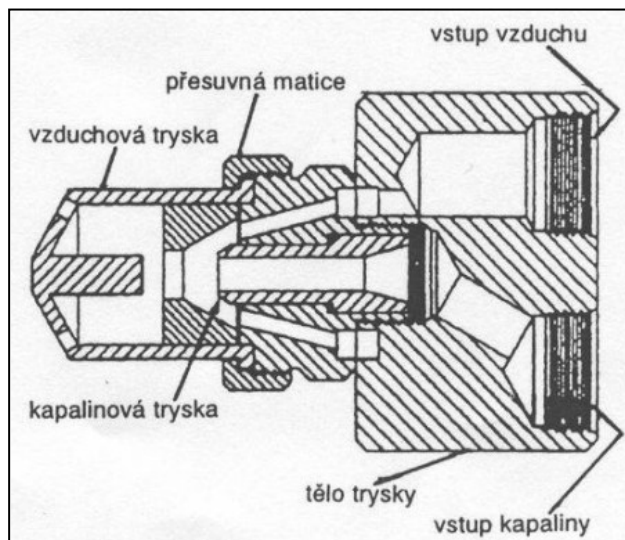
3) Popis zařízení pro zkrápění vodní mlhou

Základní části nízkotlakého zkrápěcího zařízení

Dávkovací zařízení:

Mechanicky vyčištěná voda hrubým ($250 \text{ } \mu\text{m}$) a jemným ($5 \text{ } \mu\text{m}$) filtrováním o tlaku 0,15 až 0,25 MPa se přivádí do dávkovací jednotky kde je pomocí dávkovacího čerpadla průběžně upravována smáčedlem (např. Spolion, Compoud BDB) v poměru 4000 :1. Dávkovací čerpadlo je řízeno vodoměrem s řídicím výstupem, takže poměr ředění voda/smáčedlo je zachován při jakémkoliv průtoku. Není-li k dispozici tlaková voda, musí být nainstalována jednotka s vyrovnávací nádrží a odstředivým čerpadlem, aby bylo dosaženo potřebného tlaku.

Pro variantu jemného mlžení je třeba mít k dispozici tlakový vzduch o tlaku $0,4 \div 0,6$ MPa a v množství $6 \div 8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ na jednu trysku (Obrázek 5). Pokud není takový vzduch k dispozici, je potřeba nainstalovat kompresorovou stanici, která pokryje potřeby systému podle počtu trysek.



Obrázek 5. Tryska - mlžení se vzduchem a vodou [19]

Rozvody médií (voda, vzduch):

Rozvod vody je v závislosti na rozsahu proveden ocelový potrubí s povrchovou úpravou zinkováním nebo plastovým potrubím. Počáteční dimenze potrubí bývá zpravidla 1“ a postupně se zmenšuje. Pokud je zařízení v provozu i při minusových teplotách, je nutné realizovat elektrický příchřev potrubí a to buď v automatickém provozu nebo v ručním režimu ovládání. Po trase se musí provést tepelné zaizolování. Rozvody vody u jednotlivých zkrápěcích míst jsou opatřeny ovládacími bloky. Každý z těchto bloků obsahuje filtr, elektromagnetický ventil a ventil pro ruční ovládání. Odtud je rozvod k postřikovým rampám veden plastovým potrubím nebo tlakovými hadicemi.

Pro variantu jemného mlžení je rozvod vzduchu proveden obdobným způsobem souběžně s rozvodem vody. Rozvod vzduchu je zaizolován společně s vodou, ale není samostatně přehříván.

Postřikové rampy:

Postřikové rampy jsou tvořeny tělesem rampy a do něj šroubovanými vlastními postřikovými tryskami. Rampy mohou být provedeny jako jednotryskové nebo i skupinové a jejich provedení a umístění je určeno projektem. Pro velké výkony jsou dvousložkové

trysky konstruovány s možností čištění bez vyjmutí z rampy. Trysky jsou dodány se základním vrtáním a v průběhu zkušebního provozu jsou kalibrovány.

Elektrická instalace:

Celé zařízení pracuje v automatickém režimu na základě signálu o chodu pásového dopravníku a signálu přítomnosti materiálu na pásu dopravníku. Elektrická instalace je tvořena kabeláží od jednotlivých zkrápěcích míst do centrálního řídicího rozvaděče, který je osazen řídicími prvky a programovatelným automatem. Automat komunikuje s nadřazeným systémem a činnost zkrápění je sledována i z centrálního velínu. Celé zařízení je provedeno v odpovídajícím krytí z hlediska příslušných norem k danému prašnému prostředí.

4) Zařízení MINIJET Astrowaren

Na Dolech Nástup Tušimice v objektu ústřední drtírna uhlí Tušimice I (dále jen ÚDUT I) v roce 1986 bylo namontováno a uvedeno do provozu zkrápěcí odprašovací zařízení MINIJET Astrowaren.

Rozprašovací rampy s tryskami byly nainstalovány na čtyřech podlažích objektu ÚDUT I. Zařízení bylo vybaveno centrální jednotkou Compact B 180. Nízkotlaké zařízení pracovalo s tlakem 0,6 MPa, který obstarávalo vícestupňové odstředivé čerpadlo odebírající vodu z vlastní vyrovnávací nádrže. Přívod vody do vyrovnávací nádrže byl filtrován ještě vlastním filtrem. Jednotka, opatřená dávkovacím zařízením smáčedla Compoud BDB, prováděla jeho mísení s vodou v poměru $4000 \div 1$ (voda÷smáčedlo). Rampy s tryskami byly umístěné 0,4 až 0,6 m od povrchu proudu materiálu. Na některých místech v uzavřených kapotážích pásových dopravníků a někde nad otevřenými přesypy, protože je z konstrukčních a manipulačních důvodů (pojezdové pásové dopravníky) nebylo možno zakapotovat.

V roce 1987 a následně potom v roce 1992 provedl státní podnik VÚHU Most, na objednávku Dolů Nástup Tušimice, zhodnocení [11] účinnosti odprašovacího zařízení typu MINIJET Astrowaren.

Ze souhrnu měření závěr zprávy konstatuje. V případě, že byly v průběhu měření zajištěny optimální podmínky (tj. bezporuchový stav zkrápění, funkční všechny trysky, eliminace sekundární prašnosti aj.), dosahovala míra snížení prašnosti rozmezí $50 \div 60$ %. Předpoklad dle zadání byl, že míra snížení prašnosti dosáhne $80 \div 90$ %.

Získané hodnoty z měření nasvědčují tomu, že použití nízkotlakých zkrápěcích systémů jako jedné z uplatňovaných forem v procesu odprašení má své opodstatnění. Jedná se

vesměs o zařízení, která nevyžadují veliký zásah do stávající technologie a proto jsou často využívána i přes svoji nižší účinnost. Vzhledem k časovému období, kdy toto popsané zařízení plnilo svoji funkci (1986 ÷ 1999), lze předpokládat že účinnost dnešních zkrápěcích zařízení bude na vyšší úrovni.

Negativní projevy uvedeného vodního zkrápění na provozu pásové dopravy:

- smáčení povrchu pryžového pásu při nezaplněném pásovém dopravníku, a z toho plynoucí zvýšené množství otěrů pod spodní větví a v přesypech,
- tvoření nálepů na bočních stěnách přesypů a v jejich těsné blízkosti na podlahách od otěrů kalů ze stěračů,
- z předchozích dvou bodů plynou vyšší nároky na čištění obsluhou,
- nutnost pro vyčištění nebo výměnu (za vyčištěné) zanesených nefunkčních trysek odstavit a zajistit silově příslušné pásové dopravníky,
- časté zanášení trysek i přes vysokou úroveň filtrace, a za použití pitné vody, což může být dáno i stavem (koroze) vodovodního řádu,
- nerovnoměrné nabalování spodních válečků včetně obváděcích bubnů a z toho plynoucí chod pryžového pásu mimo koryto ve válečkových stolicích,

6.2 Zkrápění vodní párou

Zkrápění vodní párou vykazuje oproti zkrápění vodní mlhou lepší výsledky ve snížení prašnosti a nemá některé z negativních dopadů na provoz pásových dopravníků ve srovnání se zkrápěním vodní mlhou. Vodní pára se lépe váže na malé prachové částice (40 μm), což souvisí s povrchovým napětím kapaliny, které s teplotou klesá.

Jako zdroj byla použita zbytková přehřátá pára z elektrárny Tušimice II., která těsně sousedí s provozy ÚDUT I: a II., podniku Doly Nástup Tušimice. Zdroj vodní páry měl v přívodu na výměňkovou stanici teplotu 170°C a tlak 0,8 MPa. Na výměňkové stanici prošla pára úpravou a okruhem vlastního zkrápění proudila tlakem 0,15 MPa o teplotě 120°C. Zkrápění vodní párou provozy úpravny používaly v letech 1999 až 2008. Z důvodu rekonstrukce zařízení a výměny technologií elektrárny, byly dodávky páry ukončeny v roce 2008 a nahrazeny horkou vodou. Vlastní výroba páry vyvíječi by k získání potřebného množství byla neefektivní, energeticky náročná a tím i ekonomicky nákladná. Z těchto důvodů se od zkrápění vodní párou ustoupilo a bylo nahrazeno jinou technologií.

K nesporným výhodám parního zkrápění lze zařadit montáž jednoduchého vlastního rozvodu média. Jedná se o jednoduchý svařovaný potrubní systém s umístěnými vývody potrubí přímo do přesypů tak, aby proud páry a její vznos vyplnil místa vznosu uhelného prachu (popsáno v kapitole 6.1 – primární prašnost) Potrubí zabudované v horní i dolní části přesypu nemá zakončení žádnými tryskami, je zde provedeno zmenšení jeho průměru na 16 mm (1/2“) v úseku před zaústěním do přesypu, opatřené uzavírací armaturou pro ruční manipulaci. Utěsnění přesypů pro potřebu naplnění jejich prostoru párou bylo provedeno v období zavádění zkrápění vodní mlhou. Systém není automatizován, protože nehrozí nadměrné prolévání uhlí, ani horních větví pásma pásových dopravníků v kratších intervalech přerušení dodávky uhlí.

Výhody parního zkrápění:

- nedochází ke zhoršování kvalitativních ani mechanických vlastností uhlí,
- malé náklady na materiál a vlastní montáž potrubního rozvodu páry k jednotlivým přesypům,
- není nutné tento způsob zkrápění automatizovat, pokud jsou v objektech přítomni pracovníci obsluhující pásové dopravníky,
- nevyskytuje se zvýšené množství otěrů pod pásovými dopravníky, ani v případě neúplného zaplnění pásu materiálem,
- netvoří se ve zvýšené míře nálepy v přesypu a jeho bezprostředním okolí,
- neovlivňuje chod pryžového pásu v korytě válečkových stolic, čili neujíždí do stran,
- nezanáší se potrubí a není tudíž potřeba, aby údržba neustále kontrolovala a čistila vývody, jako u zkrápění vodní mlhou,

Nevýhody parního zkrápění:

- zvýšená koroze ocelových částí přesypů, přicházejících do styku s párou,
- zvýšená vlhkost v prostorách provozu, kde se párou zkrápí,

V průběhu let (1999 až 2008) používání zkrápění vodní párou bylo opět provedeno několik měření a zhodnocení účinnosti parního zkrápění [12,13]. Zkrápění touto metodou vykazovalo velmi dobré výsledky a bylo prokázáno snížení míry prašnosti o 60 ÷ 80%.

6.3 Odprášení intenzivním odsáváním

Odsávání

Místní odsávání se zřizuje všude tam, kde na ohraničených místech (v pracovním prostředí, u strojů a technických zařízení) se uvolňují látkové škodliviny. Na odsávací zařízení se kladou tyto hlavní konstrukční a provozní požadavky:

- snížení škodlivin ve zdroji (primární zdroj prašnosti), aby nedocházelo k mezním stavům např. nebezpečné koncentrace pro výbušnou mez u uhelného prachu,
- škodliviny musí být zachycovány přímo u zdroje, aby bylo zabráněno jejich přenosu do ovzduší (sekundární prašnost) v pásmu pobytu osob,
- odsávací zařízení musí splňovat požadavky požární ochrany, včetně zabránění vzniku výbušných směsí v samotném zařízení,
- odsávací zařízení musí splňovat požadavky na provozní spolehlivost, zejména v nepřetržitém provozu,
- pokud se odsávacím zařízením odvádí vzduch zpět do venkovního prostředí, je třeba odvedený vzduch důsledně filtrovat,
- Odsávací zařízení musí pracovat ve zcela automatizovaném režimu,
- Podle ČSN 12 7040 *vzduchotechnická zařízení. Odsávání škodlivin od strojů a technických zařízení. Všeobecná ustanovení* [14], odpovídá za nezávadnost stroje z hlediska hygieny a bezpečnosti jeho výrobce,

Odsávací zařízení

Rozdělení odsávacích zařízení:

- ústřední odsávací zařízení
- jednotková odsávací zařízení

Ústřední odsávací zařízení – jsou určena k odsávání od stejných, případně obdobných zdrojů. Sací nástavce jsou napojeny na společnou odsávací síť s jedním ventilátorem, umístěným mimo pracovní prostory. Uspořádání ústředních zařízení může být různé podle použití odlučovacích zařízení, likvidace odsátého prachu ze zásobníku, použití oběhového

vzduchu (otevřený nebo uzavřený okruh), eventuelně použití výměníků tepla na zpětné využití.

Pokud koncentrace škodlivin v odsátém vzduchu jsou nízké a splňují emisní limity, lze vzduch vyfukovat (bez odlučování škodlivin) do venkovního ovzduší. Tato možnost je v současné době omezena pouze na malé, a opravdu nevýznamné zdroje škodlivin. Odsávací zařízení vybavené odlučovačem může být řešeno s odvodem veškerého vzduchu do venkovního ovzduší. Musí být dodržena podmínka splnění emisních limitů dle vyhlášky č.356/2002 Sb., *kteou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování* [15]. Může být také řešeno s částečným využitím oběhového vzduchu, pokud kvalita vyčištěného vzduchu splňuje hygienické požadavky na oběhový vzduch.

Jednotková odsávací zařízení – se umísťují do blízkosti odsávaných strojů a pracovišť. Napojují se obvykle na jeden nebo dva sací nástavce. Odsávač pro prašný zdroj tvoří ventilátor, odlučovač a zásobník na odloučený prach. Odsávaný vzduch se přivádí zpět do prostoru v okolí zdroje, takže není potřeba zřizovat zařízení pro přívod vzduchu, což je investičně i provozně úsporné. Toto zařízení je vhodné pro menší zdroje znečištění.

Konstrukční provedení jednotlivých částí ústředního odsávacího zařízení

Základní součásti odsávacího zařízení jsou:

- sací nástavce
- odsávací potrubní síť
- ventilátor
- odlučovač
- zásobník odloučeného prachu
- výfukové potrubí
- zabezpečení protiexplozivní ochranou

Popis jednotlivých konstrukčních částí odpovídá provozovanému zařízení v provozu úpravny Dolů Nástup v Tušimicích.

Zařízení odsává 14 odsávacích míst tj. zásobník, přesypy jednotlivých dopravníků a přesypy vyhrabovacích vozů. Těchto 14 míst je odsáváno 42 větvemi odsávací potrubní sítě.

Koncentrace odloučeného uhlénoho prachu je proměnná a záleží na několika činitelích. Těmi jsou množství dopravovaného uhlí, jeho vlhkost, atmosférické podmínky. S ohledem na množství transportovaného uhlí, jeho druh, vyvolané procesy jeho transportem v přesypech, pracovní cykly jednotlivých dopravníků včetně velikosti odsávaných prostorů je konečné množství odsávaného vzduchu pro splnění stanovených norem zaprášení v pracovním místě obsluhy stanoveno souhrně na $110\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Sací nástavce – uzavírají pokud možno co nejtěsněji zdroj škodlivin. Tvoří je vlastně konstrukce přesypu včetně kapotáže. Přesypy prošly úpravou za účelem zmenšení množství odsávaného vzduchu, a to tzv. hermetizací. Při této úpravě proběhlo dotěšňování všech štěrbin na nejmenší možnou mez.

Odsávací potrubní síť – příslušné odsávací potrubí má být co nejkratší, kruhového průřezu. Materiál a jeho tloušťka jsou voleny s ohledem na abrazi a korozi. Při odsávání se potrubí dokonale těsní, spádjuje, též spojení jednotlivých dílů potrubí musí být dobře provedeno (bez přesazení, hladké). V místech, kde by mohlo docházet k usazování prachu, tj. v bezprostřední blízkosti kolen – místech s nejnižší rychlostí média jsou instalovány revizní otvory. V odsávacím potrubí před zaústěním na odsávaný prostor je instalována ručně ovládaná a nastavitelná klapa pro optimalizaci odsávaného množství vzdušiny. Pro ovládání toku odsávaného vzduchu z každého přesypu podle provozu příslušného pásového dopravníku, jsou na každé příslušné větvi namontovány škrtící ventily typu otevřeno/zavřeno. Každý je poháněn elektromotorem a v automatickém režimu chodu zařízení je ovládán řídicím systémem zařízení.

Ventilátor – ústředního odsávacího zařízení je umístěn mimo pracovní prostory. Vyčištěná vzdušina zbavená prachu je odsávána radiálním ventilátorem s možností regulace množství vzduchu ručně stavitelnými vnějšími lopatkami ventilátoru. Ventilátor disponuje výkonem $110\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ a je poháněn elektromotorem o výkonu 250 kW. Vzhledem k vysoké hladině hlukosti ventilátoru a motoru jsou tyto umístěny v protihlukovém objektu. Objekt je složen z kazetových panelů pohlcujících hluk, upevněných na ocelové konstrukci objektu a je opatřen samostatným větracím systémem, kvůli ochraně motoru ventilátoru před narůstající teplotou v uzavřeném objektu. Odsávací zařízení a stroj jsou vzájemně blokovány a opatřeny zvukovou a optickou signalizací při přerušení odsávání. Ventilátor

má ruční regulaci lopatek vnějšího tělesa, která umožňuje snížení výkonu odsávání v případě provozu menšího počtu přesypů.

Odlučovač – je umístěn v podtlakové části odsávacího zařízení. Výhodou tohoto řešení je, že případnými netěsnostmi v přetlakové části potrubí neunikají škodliviny (pouze vyčištěný vzduch) a při odsávání abrazivních příměsí je ventilátor chráněn proti nadměrnému opotřebení. Dva tkaninové filtry se skládají z 560 ks filtračních tkaninových vložek (rukávů). Jejich filtrační plocha je 965 m^2 . Životnost není zcela přesně stanovena, ale je minimálně 1 rok. Dodavatel filtračních vložek jich potom odebírá několik kusů a podrobí rozboru, s určením další minimální životnosti. Čištění filtračních vložek probíhá potrubním rozvodem pomocí reverzního proudu stlačeného vzduchu, ze zásobníku od kompresorové stanice, s použitým tlakem 0,9 MPa.

Zásobníky odloučeného prachu – jsou umístěné bezprostředně pod odlučovači prachu nebo víceméně jsou součástí jednoho konstrukčního celku s nimi. Následuje odběr odprašků za použití rotačních podavačů v protiexplozivním provedení. Tyto dávkují množství odsátého a shromážděného prachu na šnekový dopravník. V případě uhelného prachu se odprašky mísí s vodou ve směšovací komoře a potrubím dopravují do odkaliště. Druhý způsob likvidace odprašků je, že se ve šnekovém dopravníku s provedením šneku jako lopatkové míchací šnekovnice, promísí s vodní mlhou na vhodnou konzistenci a vrátí zpět do procesu dopravy uhlí.

Výfukové potrubí – je napojené přímo na vývod ventilátoru a je řešeno jako komín, kulatého průřezu, ocelové konstrukce s dostatečnou výškou. Výfuk je vyveden do výše 14 m komínem o průměru 2 m.

Zabezpečení protiexplozivní ochranou – musí být vybavena tato zařízení pracující s uhelným prachem ve vlastním okruhu. Z hlediska bezpečnostních a požárních předpisů jsou zajištěny tyto funkce:

- automatická detekce a hašení dopravních tras – potrubí,
- zařízení (systém) na potlačení výbuchu,
- ochrana filtrů proti zahoření a výbuchu,
- automatické čištění filtrů např. ofukem pomocí reverzního proudu stlačeného vzduchu,
- účinná likvidace zachyceného uhelného prachu,

- ochrana před atmosférickými vlivy,
- jednotlivé části zařízení v nevýbušném provedení,

Odsávaný uhelný prach ze zdrojů prašnosti je potrubními rozvody přiveden do odlučovače. Průtočné množství vzdušniny procházející odlučovačem je $110\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ a materiál filtračních vložek je polyester. V odlučovači se vyskytuje výbušná atmosféra (ZÓNA 20), která při dodání iniciační energie může způsobit explozi s vývinem plamenné fronty do přírodního potrubí. V samotném potrubí není koncentrace prachu nebezpečná výbuchem. Vlastní prošlehnutí z filtru by mohlo přenést explozi do prostoru provozu drtírny. Z tohoto důvodu je na filtru instalováno certifikované zařízení na potlačení exploze HRD – hasící jednotka (High Rate Discharge – suppressor). Zároveň na vstupním potrubí do filtru je lokalizována certifikovaná protiexplozivní bariéra, která zabrání přenosu exploze do předcházející technologie. Filtr a odpovídající část potrubních rozvodů je konstruována na tlakovou odolnost, aby v technologickém zařízení nenastaly plastické deformace.

Provedená měření v provozech ÚDUT II prokázala snížení prašnosti v prostorách na hodnotu do $10\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ při funkčním odsávání. Zároveň se snížilo riziko možného požáru i výbuchu uhelného prachu. Na rozdíl od mokrých aplikací zkrápění nedochází k nadměrné korozi ocelových částí technologického zařízení. [16,17]

6.4 Konstrukční řešení primárních zdrojů, pro snížení prašnosti

1) Uzavření horní části přesypu kapotáží

Montáž kapotáže nad horní částí přesypu je vcelku jednoduché a nenákladné řešení, které se dá aplikovat i dodatečně na přesypy, jež v původních konstrukčních návrzích zakapotovány nebyly. Jedná se plechovou nástavbu svařenou a částečně provedenou se šroubovými spoji, z důvodu snadné demontáže. Místa kolem hřídelů poháněcích bubnů jsou dotěsněna dotykovými pryžovými těsněními (Obrázek 6), našroubovanými na konstrukci nástavby kapotáže. V místě nad pásovým dopravníkem, kde uhlí vstupuje do přesypu je nástavba opatřena těsnící pryžovou plentou s vytvořeným řasením v pruzích (Obrázek 7)



Obrázek 6. Těsnění kolem hřídele



Obrázek 7. Zatěsnění horní nástavby

2) Uzavření spodní části přesypu kapotáží

Montáž kapotáže ve spodní části přesypu – v prodlouženém provedení (Obrázek 8) není v prostorách úpravny možné aplikovat na mnoho pásových dopravníků. Princip účinnosti tohoto řešení spočívá v uzavření prostoru co nejdále od místa přesypu, aby se částice prachu ze vznosu usadily na vrchní vrstvě toku uhlí a vlivem vibrací přes válečkové stolice

se dostaly do vnitřní vrstvy dopravovaného materiálu. Vzhledem k dopravní rychlosti, pádové výšce přesypu a na těchto faktorech závislé vzdálenosti potřebné k usazení a stabilizaci materiálu, by bylo potřeba zakrýt tuto část pásového dopravníku v délce $8 \div 15$ m od místa dopadu materiálu v přesypu. První předpoklad použití tohoto zakrytí je, aby pásový dopravník byl stabilní. Druhým předpokladem je jeho dostatečná délka, aby byl prostor pro provedení dostatečně dlouhé kapotáže s co nejvyšší účinností.



Obrázek 8. Provedení prodloužené kapotáže od místa přesypu

V místě nad pásovým dopravníkem, kde uhlí opouští přesyp je vzduch strháván proudem uhlí a z přesypu unáší prachové částice. Toto proudění směrem ven z přesypu je potřeba ztlumit. Ukončení přesypu nebo ukončení prodloužené kapotáže je opatřeno těsnicí pryžovou plentou s nařezaným řasením v pruzích, pro volný průchod uhlí. Zdvojené provedení těchto plent (Obrázek 9) s překrývajícími řezy řasení vykazuje vyšší účinnost jako překážka v proudění vzduchu s unášenými prachovými částicemi.



Obrázek 9. Zdvojené provedení plenty

Utěsnění zadní strany přesypu je jednodušší, protože tudy neprochází žádný materiál. Zabraňuje rozsypu materiálu z přesypu a utěšňuje tuto část téměř beze zbytku. Provádí se pryžovou nedělenou plentou s upraveným tvarem vzhledem k bočnicím přesypu a tvaru koryta pásového dopravníku(Obrázek 10).



Obrázek 10. Zadní těsnění přesypu

3) Těsnění místa styku přesypu na pohyblivé části dopravníku

Nejčastější způsob podélného utěšňování místa mezi spodní částí přesypu a pohyblivým pryžovým pásem pásového dopravníku je dlouhým postranním pryžovým pásem (Obrázek 11). Ten ale jako utěšňovací prvek zabraňuje pouze v malém rozsahu problémům při dopadu dopravovaného materiálu na dopravník. Zvláště v případě ještě častého používání pražců osazených válečky v místě dopadu materiálu v přesypu. I když se používá pod dopadem menší rozteč pražců (používá se poloviční) než na transportní části horní násoypné větve dopravníku, přesto dochází k průhybu pryžového pásu mezi válečkovými pražci. To se děje vlivem kinetické (pádové) energie proudu množství materiálu, dopadajícího na pryžový pás. Mezi malými mezerami vzniklými průhybem pryžového pásu dochází k úniku prachových částic do okolí přesypu a tím i k další příčině vzniku terciární prašnosti. Ta potom vzniká při úklidu nebo ve vratném bubnu, kam se mohou po spodní větvi pásového dopravníku prachové částice dopravit. Do vratného bubnu se mohou prachové částice dostat i přímo od přesypu, pokud ten je v jeho těsné vzdálenosti.



Obrázek 11. Těsnění podélným dlouhým pryžovým pásem

Riziko vzniku průrazu je při použití prachců jako válečkového nosiče výrazně vyšší, zvláště pokud nejsou v zesíleném provedení a s pogumovaným povrchem dopadových válečků, které také více pohlcují a tlumí účinek pádové energie (Obrázek 12). Přesto i u tohoto konstrukčního řešení je ale pořád riziko průrazu dopravního pásu, protože mezi válečky je mezera a k průhybu dopravního pásu dochází i v tomto, byť zesíleném provedení.



Obrázek 12. Dopadové místo pod přesypem těsněné podélným pryžovým pásem

Použití dopadového lože v místě přesypu vykazuje menší únik prachových částic, přímo v dopadovém místě, do okolí přesypu. A to i při variantě zatěsnění stykového místa, bočnice – pás, v přesypu použitím podélných dlouhých pryžových pásů, protože nedochází k průhybu pásu jako při použití válečkových prachců. Dopadové lože (Obrázek 13) podepírá

dopravní pás po celé ploše dopadu materiálu v přesypu a tím chrání dopravní pás i před rizikem vzniku průrazu od pádové energie a rázových sil proudu materiálu. Tento způsob vykazuje vyšší míru zatěsnění podélných bočnic, než oba výše jmenované způsoby v předchozím textu.



Obrázek 13. Přesyp s dopadovým ložem

4) Zakrytí zásobníků

Zásobníky jsou významným zdrojem prašnosti (kapitola 3.1).Jedním z opatření, jak zabránit šíření prachových částic do volného prostoru nad nimi, je jejich zakrytí pohyblivými plachtami (Obrázek 14). Ty brání prachu dostat se do vznosu nad zásobník.

Toto opatření nemůže být ale provedeno samostatně bez dalšího doprovodného řešení prašnosti v zásobníku, protože by zvyšovalo nebezpečnou koncentraci prachu a tím i nebezpečí jeho výbuchu. S tímto opatřením musí být realizováno další opatření pro snížení koncentrace v zásobníku a to např. řešení odsáváním volného prostoru zásobníku, nebo jeho zkrápění.



Obrázek 14. Zakrytí zásobníku pohyblivými plachtami

Řešení zakrytím zásobníku pohyblivými plachtami přináší ještě jeden problém. Tím je zakrytí výhledu obsluhujících pracovníků do zásobníku a tím zbavení možnosti kontroly stavu hladiny uhlí v něm při zauhlování. Proto jsou zásobníky vybaveny snímáním hladiny uhlí v nich, s návazností na ovládací okruhy, které vypnou zařízení při překročení maximální nastavené povolené hladiny.

7 Konstrukční návrh úpravy dopadové stolice, aby se snížila prašnost v okolí

7.1 Přesyp

Doprava těživa na úpravně uhlí je realizována pásovou dopravou [18] a je řazena do pásových linek. Je zřejmé, že každá dopravní pásová linka musí mít určitý počet předávacích míst - přesypů. Přitom každý z těchto přesypů je mechanicky složitý, zdrojem poruch, vyžaduje zvýšenou údržbu a často také obsluhu. Jedná se tedy o provozní i ekonomicky nežádoucí uzel. Počet přesypů musí být proto optimální, přičemž pojem optimální bude vždy určitým kompromisem mezi báňskými, provozními a ekonomickými hledisky.

V přesypu tok těživa mění svoji polohu, rychlost a svůj směr, čímž vznikají energetické ztráty. Hlavní problémy přesypů a tedy zdůvodněné požadavky na jejich řešení jsou zejména:

- nalepování funkčních částí a vznik závalů,
- poškozování dopravního pásu (průrazy, poškození krycích vrstev otěrem) a elementů přesypu,
- zahlcování způsobené většími částmi (nadměrné části např. utržené nálepy z předchozích přesypů, cizí předměty), nebo ztrátou rychlosti předchozí sekce,
- destrukce těživa (ztráta jakosti, vznik prachových částic),
- přepadávání těživa přes okraje dopravního pásu (hlavně u stoupavých dopravníků dovrchní dopravy), netěsnosti násypek,
- vysoká hlučnost a prašnost.

Náročnost a složitost řešení výše uvedené problematiky se zvyšuje při použití vyšších dopravních rychlostí. (nad 4 m.s^{-1})

Přesypy lze obecně rozdělit podle:

- dispozice:
 - přímé,
 - úhlové.
- funkce:
 - stabilní,
 - pohyblivé,
 - představitelné.

Vlastní přesyp se potom sestává z následujících funkčních částí:

- horní část – náběh dopravního pásu na předávací buben,
- střední část – vedení toku těživa tlumícím štítem, skluzem apod.,
- spodní část – dopadové místo těživa

Spodní část přesypu

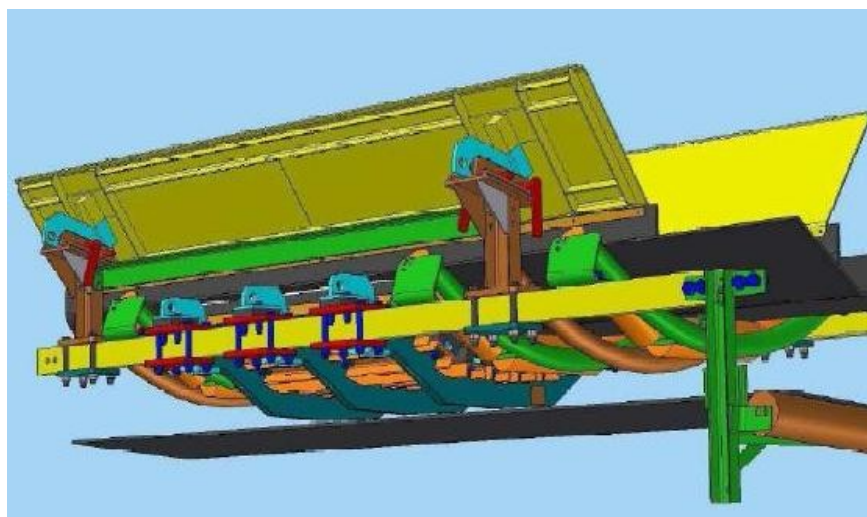
Spodní část přesypu patří k nejexponovanějším místům pásového dopravníku, které musí zajistit plnění následujících základních požadavků:

- urychlení těživa,

- utlumení pádové energie těživa,
- zklidnění toku těživa,
- snížení opotřebení pásu,
- utěsnění (prach, rozstřík materiálu do okolí)

7.2 Návrh řešení spodní části přesypu

Při návrhu konstrukčního řešení utěsnění spodní části přesypu z důvodu snížení prašnosti je potřeba brát v úvahu i další požadavky na přesyp, respektive přímo na dopadové místo a to, utlumení pádové energie a snížení opotřebení dopravního pásu. Pro požadavek na zklidnění toku těživa musí být předpoklad dostatečné délky dopravníku. Proto jsem vybral pro řešení konstrukčního návrhu variantu dopadového lože s impaktními tyčemi (Obrázek 15).



Obrázek 15. Přesyp s dopadovou stolicí s impaktními lištami [21]

Dopadové lože

Použití dopadového lože je předpokladem pro vyloučení nadměrného průhybu dopravního pryžového pásu v místě dopadu, který vzniká při použití válečkových pražců. Nezátížený dopravní pás je válečkovými prvky na pražcích před a za dopadovým ložem veden nad povrchem impaktních lišt ve výšce ~ 20 mm, což je jeden ze způsobů tlumení pádové energie těživa. Při zatížení těživem pás teprve dosedne na povrch lišt celou plochou a zasahují další prvky tlumení. Nevznikají tak při zatížení mezery z nadměrného průhybu, kterými uniká prach z místa přesypu do okolí a vyloučí se tak jeden z podstatných zdrojů

prašnosti. Dopadové lože lze vyrobit a nastavit podle šířky i profilu pásového dopravníku. Upevňuje se na stávající základní konstrukci dopravníku, nejčastěji k různým druhům a velikostem U – profilů.

Dopadové lože je tvořeno těmito částmi:

- základní nosná konstrukce,
- prvky pro upevnění k základní konstrukci dopravníku,
- podpěrné prvky pro impaktní (tlumící, kluzné) lišty,
 - příčné
 - podélné
- impaktní lišty.

Dopadové lože může být konstruováno s různým řešením jednotlivých prvků nebo jejich uložení. Tato různá provedení jsou závislá na velikosti hodinového výkonu těživa, rychlosti dopravního pásu, granulometrii těživa, vlastnostech těživa aj.

Celkové uložení dopadového lože na základní konstrukci dopravníku může být:

- **pružné** - v provedení s pryžovými silentbloky nebo jejich kombinace s talířovými protisměrně uloženými pružinami v místě styku se základní konstrukcí dopravníku (Obrázek 16). Pro větší výkony a kusovitost těživa.



Obrázek 16. Dopadové lože - s tlumením k základní konstrukci [22]

- **pevné** - je přes upevňovací místa spojeno se základní konstrukcí dopravníku pevně šroubovými spoji (Obrázek 17). Pro menší výkony a zrnitost těživa.



• *Obrázek 17. Dopadové lože pevné – bez tlumení k základní konstrukci [23]*

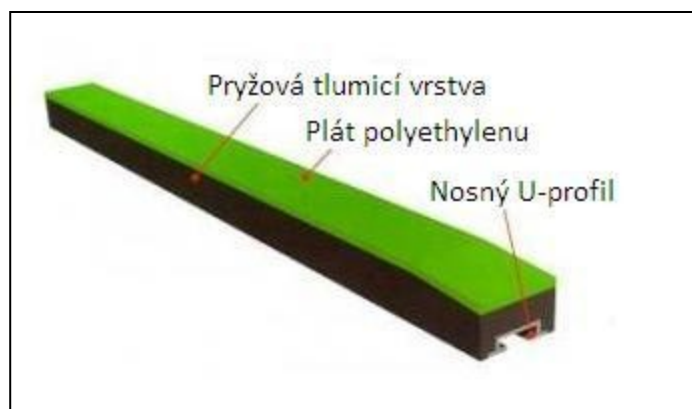
Provedení základní konstrukce může být:

- základní konstrukce s neměnnou geometrií profilu dopravníku,
- součástí základní konstrukce jsou stavěcí bočnice, které jdou nastavit podle sklonu bočního válečku v rozmezí $10 \div 60^\circ$.

Způsob podepření impaktních tyčí může být:

- příčný – provedený pouze žebry,
- podélný – provedený navíc výztužným ocelovým profilem.

Impaktní tyč je důležitým prvkem dopadového lože. (Obrázek 18). Je to prvek, který podepírá dopravní pás po celé jeho ploše v místě dopadajícího těživa. Snižuje tak namáhání pásu v místě dopadu na stříh, proti řešení dopadu s válečkovými pražci. Lišty se vyrábí se čtvercovým nebo obdélníkovým průřezem a mají zavulkanizovaný U profil z oceli nebo hliníkové slitiny pro montáž na podpěrnou nosnou konstrukci. Uchycení se provádí T – profily nebo speciálními šrouby s hlavami T – profilu. Do pryžového základu je zavulkanizován plát polyetylenu s vysokou životností a velmi nízkým koeficientem tření, aby se co nejvíce snížil odpor. Pro základ tyče se používá pryž o tvrdosti 60 Sha s vynikající schopností absorpce rázů.



Obrázek 18. Impaktní tyč [24]

Utěsnění podélné bočnice přesypu

Shrnutí nedostatků podélného těsnění dlouhým pryžovým pásem

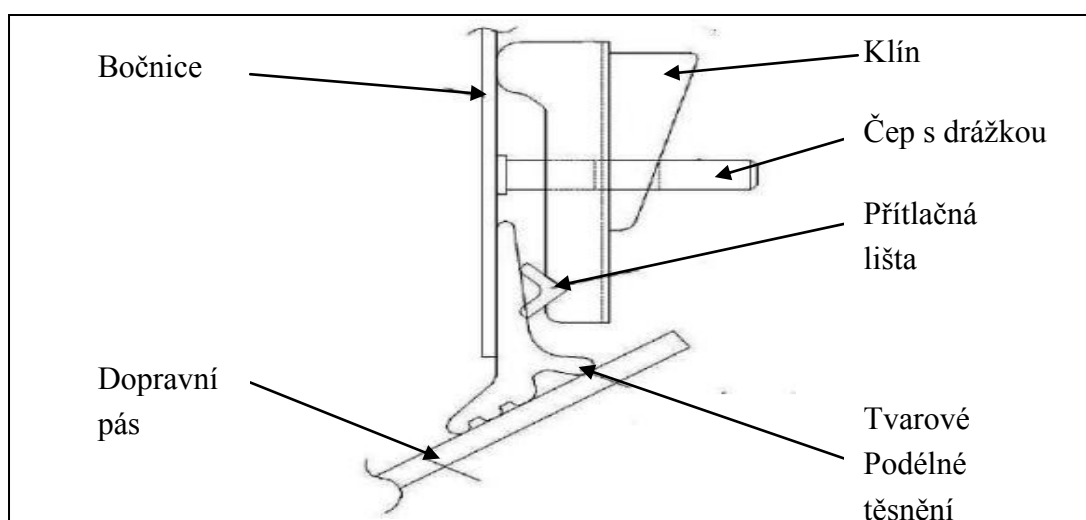
- únik prachových a drobných částic z přepravovaného materiálu do okolí, v důsledku průhybu pryžového pásu dopravníku mezi válečkovými stolicemi,
- vysoké časové nároky na demontáž a montáž opotřebovaných pryžových těsnících pásů, připevněných šrouby skrze ně
- snížení využitelné ložné šířky dopravníkového pásu v důsledku přesahu podélného pryžového těsnícího pásu do prostoru přesypu. Při výpočtu dopravovaného objemového množství je toto nutné respektovat,
- podélné těsnění je třeba chránit usměrňovacím srážecím plechem před přímým dopadem těživa na něj,
- v důsledku přesahu podélného pryžového těsnícího pásu do prostoru přesypu a velké styčné plochy s pásem dopravníku zde dochází ke značnému tření. V přesypu se dopravovaný materiál „rozlévá“ do stran a doléhá i na plochu podélného těsnícího pásu. V důsledku tohoto děje dochází ke znehodnocování krycí vrstvy dopravního pásu,
- v případě naplnění přesypového místa dopravovaným materiálem, např. při závalu, když selže snímání naplnění přesypu, je tlak od těžného materiálu tak veliký na podélný gumový pás, že pro opětovné rozjetí dopravníku se musí nalít emulze mezi dopravní pás a podélné těsnění, aby instalovaný výkon na pohonu dopravníku na toto vyjetí vůbec stačil,

- v nevytápěných prostorách pasové dopravě při prvních mrazech dokáže místo styku podélný gumový pás - dopravník, pokud na něm zůstane být jen náznak vlhkosti, přimrznout. Odtržení se musí provést ručně, protože tento stav výkon pohonu dopravníku nepřekoná.

Přehled existujících způsobů řešení

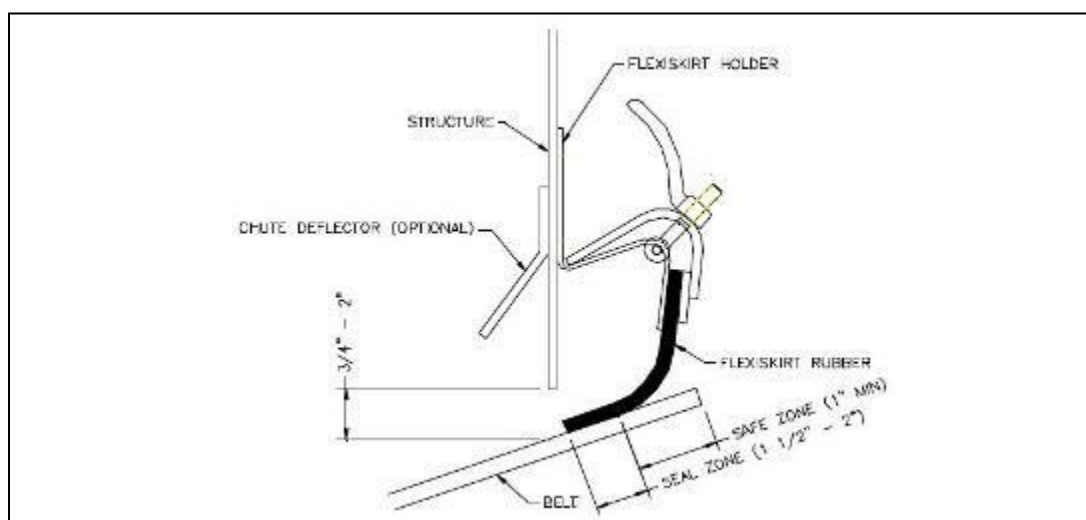
a) Jednočinná podélná těsnění

1) Tvarové podélné těsnění s aretací přitlačné lišty klínem (Obrázek 19)



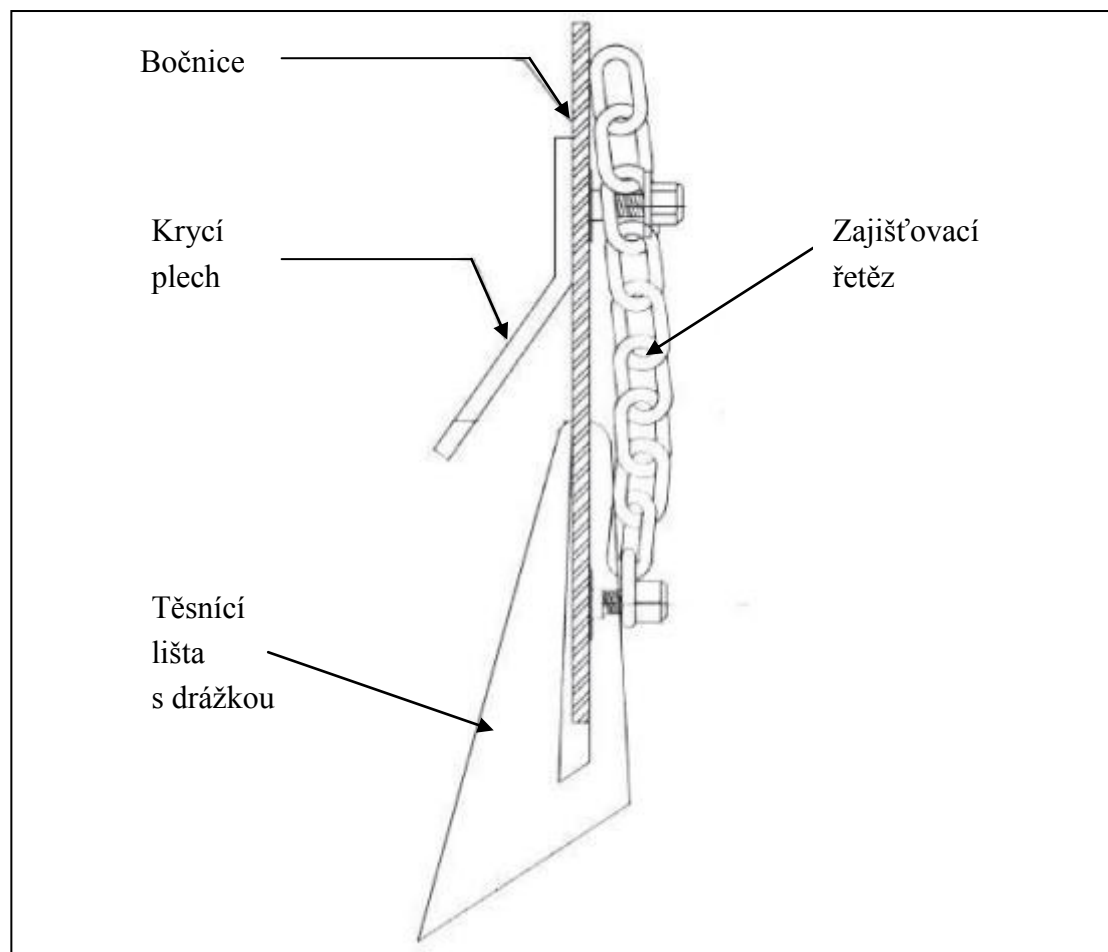
Obrázek 19. Podélné tvarové těsnění

2) Podélné těsnění s pryžovým páse vně bočnice násypky (Obrázek 20)



Obrázek 20. Těsnění vně bočnice

3) Podélné těsnění těsnící vlastní váhou, s vodící drážkou, zajištěné řetězem (Obrázek 21)



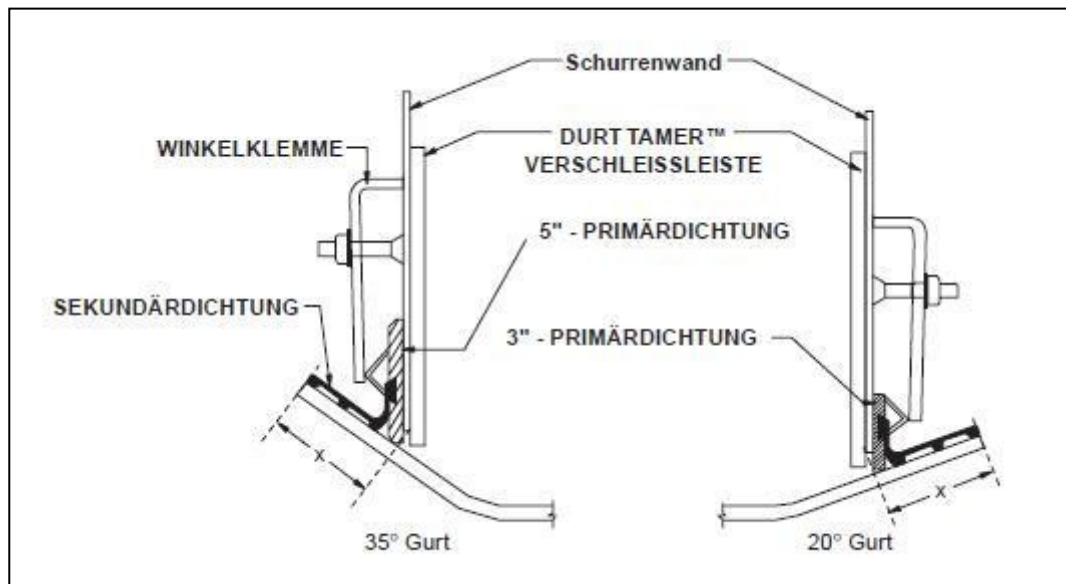
Obrázek 21. Těsnění vlastní váhou

Pro návrh konstrukčního řešení jsem se rozhodl vybrat z kategorie dvojčinných těsnících typů.

b) Dvojčinná podélná těsnění

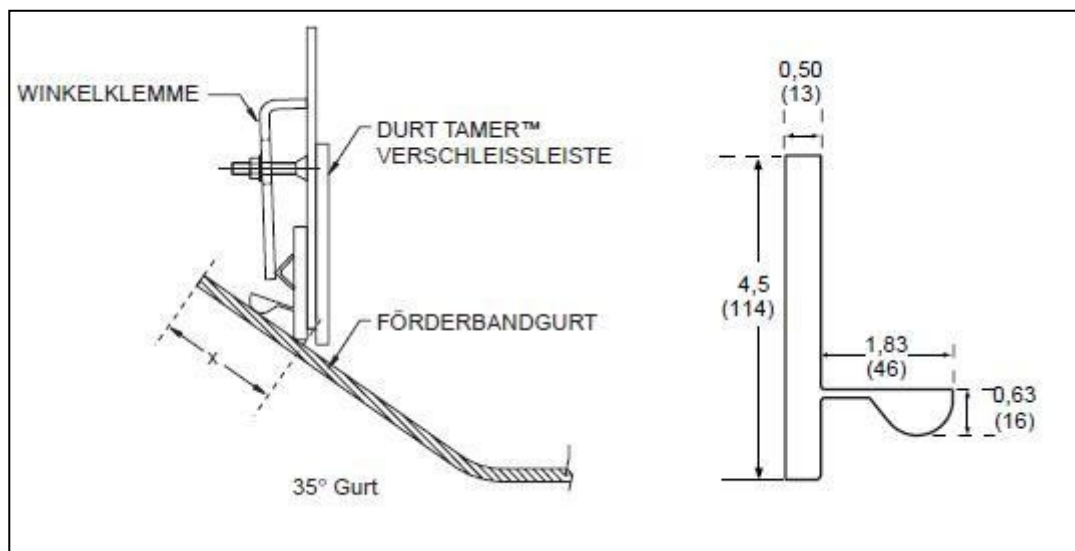
Tyto typy podélného těsnění pro bočnice přesypů jsou lehká, dobře a rychle výměnná. Těsní dotykem bez velkého přitlaku, netlačí do pásu silou ohybu jako podélné pásy, takže nepoškozují krycí vrstvu a mají tím pádem i vysokou životnost. Skládají se ze dvou částí a to, primární a sekundární. U obou částí existuje několik provedení. Primární část brání průniku větších částeczek materiálu v rozstřiku a sekundární část zachycuje prašné částice. Po obou stranách pásu nemají velké nároky na místo, takže nezmenšují jeho ložnou šířku ani v přesypu ani samotnou konstrukci přesypu. Při ujetí pásu v korytě do stran mimo účinnost těsnění není problém s jeho uvedením do funkčního stavu. Pro konstrukční návrh úpravy dopadové stolice jsem se rozhodl a vybral variantu č. 3 z následujících představených dvojčinných těsnění.

1) Podélné vícebřité těsnění s výměnnou sekundární částí (Obrázek 22)



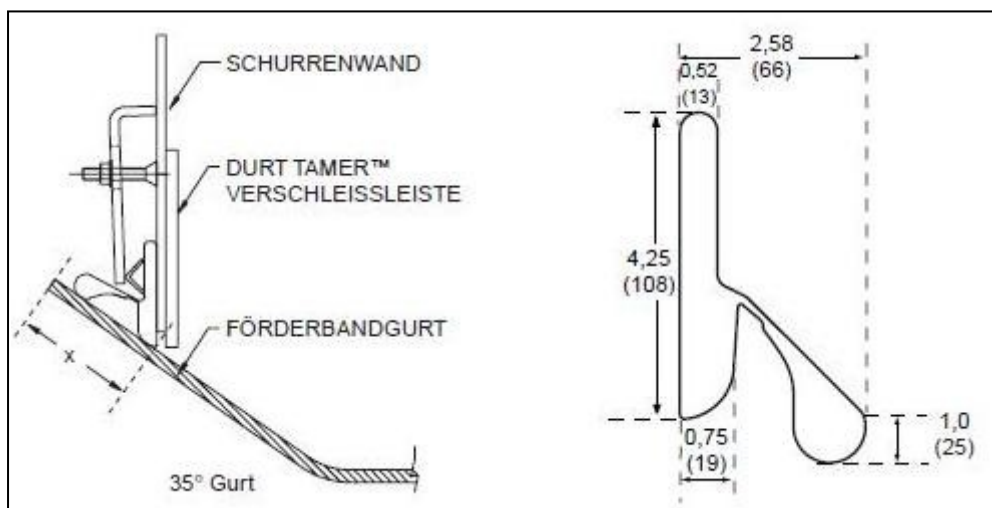
Obrázek 22. Vícebřité těsnění [25]

2) Jednodílné dvojčinné podélné těsnění pro menší zátěž (Obrázek 23)



Obrázek 23. Dvojčinné těsnění – lehčí provoz [25]

3) Jednodílné dvojčinné podélné těsnění pro vyšší zátěž (Obrázek 24)



Obrázek 24. Dvojčinné těsnění - vyšší namáhání [25]

8 Základní výpočet odsávání

Zařízení pro odsávání uhelného prachu je v podstatě podtlakový pneumtický dopravní systém. Pro návržení systému a jeho výpočtu je potřeba znát chování uhelného prachu a jeho důležité vlastnosti.

8.1 Vlastnosti materiálu ovlivňující přepravu

Soudržnost, přilnavost

Tato vlastnost působí největší problémy při vysypávání, při vlastním přenosu a závisí na volba vhodných filtrů.

Hořlavost

Uhelný prach má schopnost samovznícení, dobrého hoření a je výbušný v dostatečně vhodné koncentraci za dostatečného přístupu vzduchu. V případě použití otevřeného dopravního systému je tento potřeba vybavit vhodnými protivýbušnými bezpečnostními opatřeními a prvky.

Elektrostatika

V případě dostatečného množství vzduchu mezi molekulami materiálu se při jeho přenosu na povrchu částic vytváří elektrostatické napětí. Zvláště z důvodu vyšší vzdušné vlhkosti.

Erozivní vlastnosti materiálu

Při vyšší tvrdosti materiálu, než mají komponenty dopravní trasy, zvláště kolena potrubí, ventily, podavače, různé záhyby nebo přesahy na spojích potrubí vzniká mechanickým působením eroze na těchto součástech.

Vlhkost

Obsahuje-li materiál vysokou vlhkost, má i schopnost ucpávat potrubí a násypky, v tomto případě i filtry.

Drobivost

V případě odsávání uhlénoho prachu není až tak podstatná vlastnost, zde už degradace materiálu nemá vliv na konečný stav, protože se nejedná o produkt, ale odpad.

Zrnitost

Při přenosu příliš zrnitého materiálu proudící vzduch prochází okolo zrněk a v nedostatečné míře nadlehčuje přenášený materiál. Zde u odsávání je systém plněn těmi nejjemnějšími zrny (kolem průměru 0,05 mm)přímo z přesypu jejich odsátím.

Ostatní vlastnosti

- hydroskopicitá
- radioaktivita
- toxicita

8.2 Výpočtové vztahy

Předpokladem pro výpočet je potřeba znát stav a vlastnosti dopravovaného materiálu:

- materiálové charakteristiky,

- objemový průtok materiálu – Q_p [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],
- délku trasy – L [m].

Pro přepravovaný materiál navrhujeme soustavu pro přenos, u které hledáme:

- potřebný objemový průtok vzduchu – Q_v [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],
- tlak vzduchu – p [Pa],
- průměr potrubí – D [m],
- tlakové ztráty – Δp [Pa]

Skluz

Rychlost dopravního plynu je u pneumatické dopravy vždy větší než rychlost částice dopravovaného materiálu. Rozdíl těchto rychlostí se označuje jako absolutní skluz, rovná se svojí velikostí relativní rychlosti obtékání pevné částice a je vyjádřen vztahem:[19].

kde: s – absolutní skluz ,

v_v – rychlost dopravního vzduchu ,

v_p – rychlost dopravovaného materiálu .

Poměr absolutního skluzu k rychlosti plynu je tzv. relativní skluz. [19]

— —

kde: σ – poměr absolutního skluzu k rychlosti plynu

Směšovací hmotnostní poměr

Vyjadřuje poměr dopravovaného materiálu k průtočnému množství vzduchu a značí se μ [-]. Hodnota μ je závislá na druhu dopravovaného materiálu, rovnoměrnosti podávání a na vedení trasy [19].

Vztah pro hmotnostní směšovací poměr:

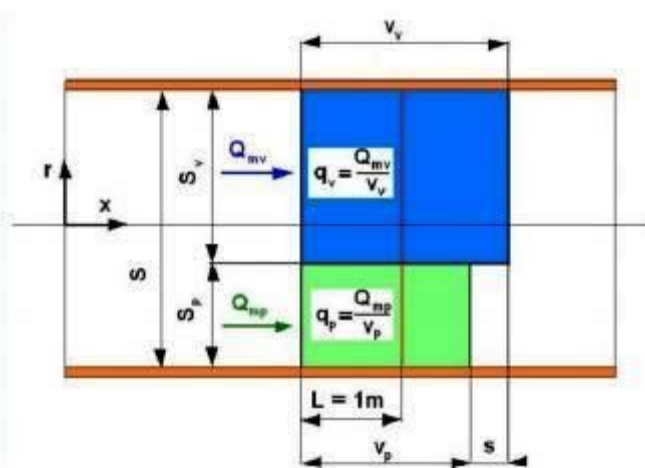
—

kde: Q_{mp} – hmotnostní průtok materiálu [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$],

Q_{mv} – hmotnostní průtok vzduchu vzduchu [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$].

Schematické znázornění suspenze plyn – pevná fáze potrubím je patrné z obrázku 25.

Podle něj je možno definovat další veličiny používané při výpočtu parametrů pneumatické dopravy.



Obrázek 25. Schéma proudění v potrubí [19]

Hmotnostní koncentrace

Hmotnost materiálu q_p připadající na jednotku délky potrubí je definována vztahem: [19]

—

Hmotnost plynu q_v připadající na jednotku délky potrubí je definována vztahem: [19]

—

Hmotnost materiálu připadající na jednotku objemu potrubí je určena vztahem: [19]

— — —

Hmotnost plynu připadající na jednotku objemu potrubí je určena vztahem: [19]

— — —

Hmotnostní koncentrace κ_p je definována poměrem: [19]

— — —

Objemová koncentrace κ_o materiálu na jednotku objemu potrubí je určena vztahem: [19]

$$\kappa_o = \frac{V_p}{V_s}$$

Mezerovitost

Mezerovitost nebo i pórovitost je definována jako poměr volného plynu k celkovému jednotkovému objemu směsi. Mezi pórovitostí a objemovou koncentrací platí vztah: [19]

$$c_v = \frac{V_v}{V_s}$$

kde: V_s – objem suspenze [m^3]

V_p – objem materiálu [m^3]

V_v – objem vzduchu [m^3]

c_v – objemová koncentrace [-]

Tlakový spád

Tlakový spád je rozhodující pro volbu systému a zdroje tlaku. Tlakový spád ovlivňují jeho jednotlivé složky: [20]

Ztráta se skládá z hodnoty vzniklé prouděním čistého plynu a přírůstku v důsledku proudění pevné fáze

K tomuto tlakovému spádu je nutno přičíst ztráty vzniklé třením, urychlením, zvedáním materiálu v šikmých a svislých úsecích doprav. potrubí. Dále místní ztráty v kolenech, zúžených místech i spojích potrubí. Přibližně lze tlakovou ztrátu vyjádřit vztahem:

Ztráta při proudění ve vodorovném potrubí:

$$\Delta p = k \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \cdot v^3}{2}$$

kde: - Ztráty tlaku při proudění čistého vzduchu (z tabulek)

- konstanta $0,1 \div 0,075$ (pro materiály větších zrn – vyšší hodnoty)

Ztráta dynamická:

—

kde: - pro práškové materiály vyšší hodnoty

Ztráty zvedáním materiálu:

kde: H – výškový rozdíl [m]

Ztráty v plnicím zařízení:

– ztráty ekvivalentní ztrátě oblouku $90^\circ (2 \div 3 \text{ kPa})$

Kritická rychlost

Skutečný pohyb částic materiálu ve vzdušném proudu je dost složitý. Působí zde řada vlivů, přičemž rozhodující je i směr dopravy. A to proto, že jiné vlivy jsou ve svislém šikmém a vodorovném potrubí.

Svislé potrubí

Ve svislém potrubí působí na každou částici materiálu o hmotnosti m (při zanedbání třecí síly částice o vzduch F) dvě síly. [21]

Tíhová síla:

Vztlaková síla: [21]

—

kde: m – hmotnost částice materiálu [kg]

V_p – objem částice materiálu [m^3]

S – plocha kolmému průmětu částice do roviny kolmé na směr proudění vzduchu [m^2]

- měrná hmotnost vzduchu

- měrná hmotnost materiálu

k – koeficient čelního odporu, závislý na tvaru částice
 pro kulaté částice $k = 1,1$
 pro obdélníkové v závislosti na poměru délky l a šířky b

Tabulka č. 4 Hodnoty koeficientu k pro poměr l/b [21]

l/b	1	2	4	10	18	větší
k	1,1	1,15	1,19	1,29	1,40	2,01

Pro dopravu musí platit podmínka: [21]

Jestliže jsou obě síly v rovnováze, částice se zastaví $v = 0$.

Pro tuto rovnováhu platí rovnice: [21]

$$\underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

Po dosazení, osamostatnění a matematické úpravě bude: [21]

$$\underline{\hspace{2cm}} \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

Při uvedené rychlosti se částice bude vznášet ve vzduchovém proudu. Proto se tato rychlost nazývá rychlostí vznosnou .Příklady vznosných rychlostí pro vybrané materiály jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka č. 5 Vznosné rychlosti v_{vz} vybraných materiálů [21]

Materiál [kg.m^{-3}]	v_{vz} [m.s^{-1}]	Materiál [kg.m^{-3}]	v_{vz} [m.s^{-1}]
uhlí hnědé-střední (620)	10,6	kukuřice	8,9 – 9,5
uhlí hnědé-jemné (750)	11,0	slad	8,1
hoblovačky bukové vlhké (750)	14,8	len	5,2
piliny bukové vlhké (750)	6,8	mák	2,5 – 4,5
pšenice	9,8	plevy	4,0 – 8,0
ječmen	8,7	řezanka suchá (40)	4,0 – 7,0
žito	9,0	seno (50 – 90)	23 - 28
oves	8,1	sláma (40 – 60)	25 - 30

Vodorovné potrubí

Pohyb částic materiálu ve vodorovném potrubí je ještě složitější, protože je provázen třením o sebe o dno potrubí a vzájemným narážením.

Proto volba provozní rychlosti vzduchu v_v musí být vyšší než vznosná rychlost dopravovaných materiálů ($v_v > v_{vz}$). Toto zvýšení se vyjadřuje součinitelem φ_v , udávajícím poměr pracovní rychlosti vzduchu a rychlosti vznosné: [21]

—

Tento poměr je závislý na hmotnostním směšovacím poměru μ . Čím větší hodnotu bude mít směšovací poměr, tím vyšší musí být provozní rychlost proudícího vzduchu a tím i součinitel. Závislost je znázorněna v grafu (obrázek 26)

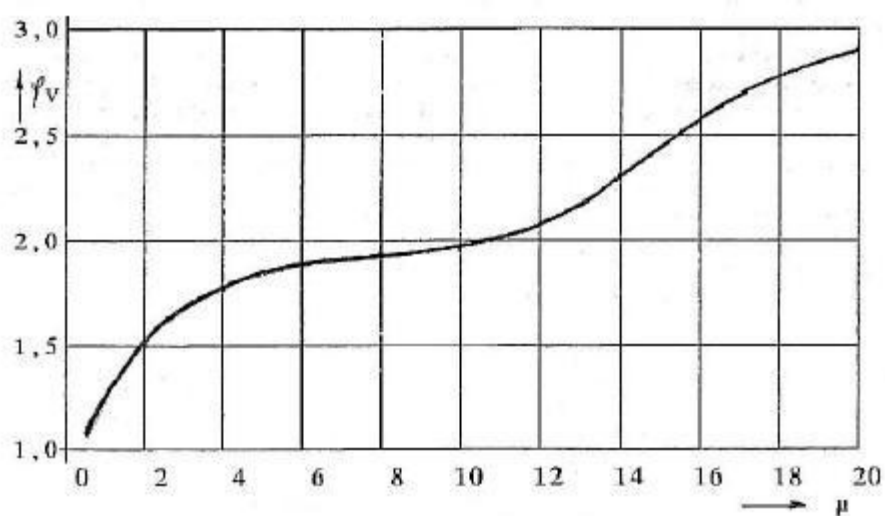
Provozní rychlost vzduchu pro dopravu určitého materiálu vypočteme z upravené rovnice (21) po dosazení hodnot (tabulka č. 5) a z grafu (obrázek 26): [21]

Hmotnostní a objemový tok vzduchu

Hmotnostní tok vzduchu, který se dopravuje zároveň s materiálem, vypočteme po úpravě rovnice (3): [21]

Objemový tok vzduchu vypočítáme po dosazení do vztahu: [21]

Do vztahu (24) dosazeno z rovnice (23), vztah pro výpočet objemového množství vzduchu: [21]



Obrázek 26 Volba provozní rychlosti vzduchu v závislosti na směšovacím poměru .[21]

Průměr dopravního potrubí vypočteme pomocí rovnice kontinuity a rovnice pro plochu průřezu potrubí.

Rovnice kontinuity: [21]

Rovnice plochy průřezu potrubí: [21]

Vztah po dosazení a úpravách pro výpočet průměru potrubí: [21]

9 Závěr

Úkolem této bakalářské práce byl konstrukční návrh úpravy dopadové stolice z důvodu snížení prašnosti od přesypu do okolí. Z několika možností konstrukčního řešení jsem zvolil dopadovou stolicí s impaktními tyčemi, které se v různých konstrukčních variantách používají v uhelném hornictví. Vzhledem ke klasickým válečkovým stolicím a k zadání řešit prašnost v přesypu má toto řešení více předností, z nichž ta nejzásadnější je, že zde nedochází k průhybu pásu dopravníku. To je dáno celoplošným podepřením pásu v místě dopadu materiálu, což je podstatou tohoto návrhu.

Druhým podstatným konstrukčním prvkem, který navazuje na použití dopadového lože s impaktními tyčemi, je návrh jeho podélného těsnění. Zvolit takové, které splní několik požadavků navíc. To jsou provozní spolehlivost, snadná výměna, dlouhá životnost těsnění a krycích vrstev dopravního pásu, a ta hlavní, snížit prašnost. Zvolil jsem variantu, která většinu těchto požadavků dobře plní. Tento typ podélného těsnění je již odzkoušen provozem v pásové dopravě na hnědouhelném dole s výbornými výsledky.

Tato bakalářská práce měla za úkol navrhnout řešení pro snížení prašnosti na přesypu. Pro úspěšné použití dopadového lože v kombinaci s navrženým podélným těsněním mluví jejich provozní spolehlivost a nízká prašnost přesypu podél bočnic.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Vyhláška ČBÚ č. 51/1989 Sb., In: *o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při úpravě a zušlechťování nerostů*. 1989.
- [2] Vyhláška ČBÚ č. 22/1989 Sb., In: *o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při dobývání* . 1989.
- [3] Technická norma ČSN EN 1127-1. *Výbušná prostředí: Zamezení a ochrana proti výbuchu-Část 1: Základní pojmy a metodologie*. 1998.
- [4] Vybrané zkušební protokoly akreditované zkušebny VVUÚ a.s., Ostrava Radvanice
- [5] Technická norma. ČSN EN 60079-10-2: *Výbušné atmosféry-Část 10-2: Určování nebezpečných prostorů-Výbušné atmosféry s hořlavým prachem*. 2009.
- [6] Zákon ČNR č. 133/1985 Sb., *o požární ochraně a související předpisy*. 1985
- [7] Vyhláška MV č. 246/2001., *o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)*. 2001
- [8] ŠTROCH, P. *Riziko výbuchu prašných směsí a možnost prevence*. 1. vyd. Praha: AMOS repro, spol. s r.o., 2007. 80s.
- [9] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., *kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci ve znění pozdějších předpisů*. 2007
- [10] Vyhláška MZ č. 432/2003 Sb., *kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií...ve znění pozdějších předpisů*. 2003
- [11] Gulíková, E.: *Zhodnocení vlivu odprašovacího zařízení MINIJET v objektu nakládacího zásobníku ÚDUT II, březen 1992*., VÚHU Most
- [12] Gulíková, E.: *Hodnocení stavu prašnosti (včetně obsahu fibrinogenech složek) v pracovním prostředí z hlediska působnosti zákona č. 258/2000 Sb., na vybraných pracovištích ÚDUT II – DNT*, 2004
- [13] Gulíková, E.: *Sledování faktorů pracovních podmínek – měření prašnosti a hlučnosti pro kategorizaci vybraných pracovišť ÚDUT II – DNT*, 2005
- [14] Technická norma ČSN 12 7040 – *Vzduchotechnická zařízení. Odsávání škodlivin od strojů a technických zařízení. Všeobecná ustanovení*

- [15] Vyhláška MŽP č.356/2002 Sb., *kterou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování*
- [16] Gulíková, E., Piša V.: *Měření prašnosti v provozu ÚDUT II v Tušimicích před rekonstrukcí provozu*. Ecoprogress, a.s., Most, zpráva č. ŽP-008/2007, září 2007
- [17] Gulíková, E., Piša V.: *Měření prašnosti v provozu ÚDUT II v Tušimicích po rekonstrukci provozu*. Ecoprogress, a.s., Most, zpráva č. ŽP-018/2008, prosinec 2008
- [18] KLIMECKÝ, Oldřich; VEVERKOVÁ, Helena; BAILOTTI, Karel; MÜLLER, Jaroslav. *Manipulace s materiálem: doprava v lomech*. 1.vyd. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 1988. 320 s.
- [19] JANALÍK, J. *Potrubní hydraulická a pneumatická doprava*. Rozšířené a upravené vydání. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2010. 264s
- [20] POLÁK, Jaromír, et al. *Dopravní a manipulační zařízení II*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2003. 109 s. ISBN 80-248-0493-X
- [21] ĎURKOVIČ, Oto. *Dopravní a manipulační stroje*. 1.vyd. Nakladatelství a vydavatelství H&H Jinočany, 1995. 224 s. ISBN 80-213-0134-1
- [22] KONEX-Nimmrichter.: Energetika [online]. c2012 [cit. 2012-05-10]. Snižování prašnosti mokrou cestou. Dostupné z: <http://www.nimmrichter.cz/energetika-zkrapeni-presypu.php>
- [23] AMPLUSERVIS, a.s.: Reference- odprášení dopravníků [online]. c2012 [cit. 2012-05-10]. Referenční list-Odprášení dopravníků paliva v hlubinném zásobníku. Dostupné z: <http://www.ampluservis.cz/referencni-list6.asp>
- [24] OSTROJ a.s. [online]. c2012. [cit. 2012-05-10]. Pásové dopravníky - příslušenství – download. Dostupné z: http://www.ostroj.cz/cs/f/ostroj_cs/p/dulni%20stroje/PDF/pasove_dopr.pdf
- [25] OSTROJ a.s. [online]. c2012. [cit. 2012-05-10]. Pásové dopravníky - příslušenství. Dostupné z: <http://www.ostroj.cz/cs/c/pasove-dopravniky/prislusenstvi.htm>

- [26] *M - TECHNIK, s.r.o., Těžební technika a zařízení* [online]. c2012. [cit. 2012-05-10]. Produkty - dopadové lože. Dostupné z: <http://www.m-technik.cz/produkty/dopadove-loze.htm>
- [27] *SAVA Trade s.r.o.,: pneumatiky, EKO produkty, dopravní pásy....* [online]. c2012. [cit. 2012-05-10]. Dopravní-pásy - dopadové-desky. Dostupné z: <http://www.savatrade.cz/dopravni-pasy/dopadove-desky>
- [28] *ME SYSTEMS: dopravníky, stěrače pásů, omezování prašnosti.....* [online]. c2012. [cit. 2012-05-10]. Technologie přesypů MARTIN ENGINEERING. Dostupné z: <http://www.mesystems.cz/produkty/technologie-presypu/apron-seal-tesnici-system.htm>

Seznam obrázků

Obr. 1	Zkrápění – horní část přesypu [19]	23
Obr. 2	Zkrápění – spodní část přesypu [19]	23
Obr. 3	Schéma – zkrápění primární prašnosti v přesypu [20]	24
Obr. 4	Zkrápění na výjezdu z přesypu [19]	25
Obr. 5	Tryska – mlžení se vzduchem a vodou [19]	28
Obr. 6	Těsnění kolem hřídele	37
Obr. 7	Zatěsnění horní nástavby	37
Obr. 8	Provedení prodloužené kapotáže od místa přesypu	38
Obr. 9	Zdvojené provedení plenty	39
Obr. 10	Zadní těsnění přesypu	40
Obr. 11	Těsnění podélným dlouhým pryžovým pásem	41
Obr. 12	Dopadové místo pod přesypem těsněné podélným pryžovým pásem	41
Obr. 13	Přesyp s dopadovým ložem	42
Obr. 14	Zakrytí zásobníku pohyblivými plachtami	43
Obr. 15	Přesyp s dopadovou stolicí s impaktními lištami [21]	45
Obr. 16	Dopadové lože s tlumením k základní konstrukci [22]	46
Obr. 17	Dopadové lože pevné – bez tlumení k základní konstrukci [23]	47
Obr. 18	Impaktní tyč [24]	48
Obr. 19	Podélné tvarové těsnění [-]	49
Obr. 20	Těsnění vně bočnice [-]	49
Obr. 21	Těsnění vlastní váhou [-]	50
Obr. 22	Vícebřité těsnění [25]	51
Obr. 23	Dvojčinné těsnění – lehčí provoz [25]	51
Obr. 24	Dvojčinné těsnění – těžší provoz [25]	52
Obr. 25	Schéma proudění v potrubí [19].....	55

Obr. 26	Volba provozní rychlosti vzduchu v závislosti na směšovacímu poměru [21].....	60
----------------	---	----

Seznam tabulek

Tabulka č.1	Hnědé uhlí na SD, a.s., DNT [4]	11
Tabulka č.2	Složení hnědouhelného prachu na SD, a.s., DNT [4]	12
Tabulka č.3	PTCH hnědouhelného prachu na SD, a.s., DNT [4]	13
Tabulka č.4	Hodnoty koeficientu k pro poměr l/b [21]	56
Tabulka č.3	Vznosné rychlosti v_{vz} vybraných materiálů [21]	57

Seznam příloh

Výkresová dokumentace

RIH0025-01-000

ÚPRAVA DOPADU